

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Hisashi Umeda  
Serial No.:  
Conf. No.:  
Filed: 03/11/2004  
For: MAGNETIC RECORDING  
MEDIUM, MAGNETIC  
STORAGE APPARATUS AND  
RECORDING METHOD  
Art Unit:

*I hereby certify that this paper is being deposited with the United States Postal Service as EXPRESS MAIL in an envelope addressed to: MS Patent Application, Commissioner for Patents, Alexandria, VA 22313-1450, on this date.*

03/11/04  
Date

  
Express Mail No. EV032736763US

CLAIM FOR PRIORITY

Mail Stop Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicants claim foreign priority benefits under 35 U.S.C. § 119 on the basis of the foreign application identified below:

Japanese Patent Application No. 2003-196583, filed July 14, 2003

A certified copy of the priority document is enclosed.

Respectfully submitted,

GREER, BURNS & CRAIN, LTD.

By



Patrick G. Burns  
Registration No. 29,367

March 11, 2004  
300 South Wacker Drive  
Suite 2500  
Chicago, Illinois 60606  
Telephone: 312.360.0080  
Facsimile: 312.360.9315

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy  
of the following application as filed with this office.

Date of Application: July 14, 2003

Application Number: No. 2003-196583  
[ST.10/C]: [JP 2003-196583]

Applicant(s): FUJITSU LIMITED

December 18, 2003

Commissioner,  
Patent Office

Yasuo Imai (Seal)

Certificate No. 2003-3105086

0941.70006  
312.360,0080

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年    7 月 1 4 日  
Date of Application:

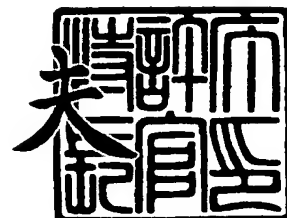
出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 1 9 6 5 8 3  
Application Number:  
[ST. 10/C] :            [ J P 2 0 0 3 - 1 9 6 5 8 3 ]

出      願      人            富 士 通 株 式 会 社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月 1 8 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 1 0 5 0 8 6

【書類名】 特許願

【整理番号】 0253820

【提出日】 平成15年 7月14日

【あて先】 特許庁長官 今井 康夫 殿

【国際特許分類】 G11B 5/66

【発明者】

【住所又は居所】 山形県東根市大字東根元東根字大森 5 4 0 0 番 2 株式  
会社山形富士通内

【氏名】 梅田 久

【発明者】

【住所又は居所】 山形県東根市大字東根元東根字大森 5 4 0 0 番 2 株式  
会社山形富士通内

【氏名】 岡本 巖

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100070150

【住所又は居所】 東京都渋谷区恵比寿 4 丁目 2 0 番 3 号 恵比寿ガーデン  
プレイスタワー 3 2 階

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊東 忠彦

【電話番号】 03-5424-2511

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002989

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0114942

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気記録媒体、磁気記憶装置、および磁気記録媒体の記録方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、

前記基板の上方に設けられた強磁性層と、前記強磁性層上に設けられた非磁性結合層とからなる交換層構造と、

前記交換層構造上に設けられた磁性層とを備え、

前記強磁性層及び磁性層は交換結合すると共に、外部磁界が印加されない状態で前記強磁性層の磁化と磁性層との磁化が互いに反平行であり、

前記強磁性層の動的保磁力  $H_{c1}'$  と磁性層の動的保磁力  $H_{c2}'$  との関係が  $H_{c1}' \geq H_{c2}'$  である磁気記録媒体。

【請求項 2】 前記強磁性層及び磁性層は、Ni、Fe、Co、Ni 系合金、Fe 系合金、CoCrTa、CoCrPt、CoCrPt-M を含む Co 系合金からなる群のうちいずれかの材料よりなり、M=B、Mo、Nb、Ta、W、Cu 及びこれらの合金であることを特徴とする請求項 1 記載の磁気記録媒体。

【請求項 3】 前記強磁性層及び磁性層は CoCrPt を主体とした合金よりなり、原子%での磁性層の Pt 含有量が強磁性層の Pt 含有量以下であることを特徴とする請求項 2 記載の磁気記録媒体。

【請求項 4】 前記強磁性層の Pt 含有量が磁性層の Pt 含有量より 1 原子%以上少ないことを特徴とする請求項 3 記載の磁気記録媒体。

【請求項 5】 基板と、

前記基板の上方に設けられた強磁性層と、前記強磁性層上に設けられた非磁性結合層とからなる交換層構造と、

前記交換層構造上に設けられた磁性層とを備え、

前記強磁性層及び磁性層は交換結合すると共に、外部磁界が印加されない状態で前記強磁性層の磁化と磁性層との磁化が互いに反平行であり、

前記強磁性層及び磁性層は CoCrPt を主体とした合金よりなり、原子%での磁性層の Pt 含有量が強磁性層の Pt 含有量以下である磁気記録媒体。

【請求項 6】 前記強磁性層及び磁性層は、下記 (1) 式を満たすことを特

徴とする請求項 1～5 のうち、いずれか一項記載の磁気記録媒体。

【数 1】

$$\frac{H_{c1}'}{H_{c1}} > \frac{H_{c2}'}{H_{c2}} \quad \dots(1)$$

(ここで、 $H_{c1}$ 、 $H_{c1}'$  は各々強磁性層の静的保磁力、動的保磁力、 $H_{c2}$ 、 $H_{c2}'$  は各々磁性層の静的保磁力、動的保磁力を表す。)

【請求項 7】 前記強磁性層と非磁性結合層との間にさらに強磁性材料よりなる強磁性接合層を備え、

前記強磁性接合層及び強磁性層は交換結合すると共に、前記強磁性層の磁化と強磁性結合層との磁化が互いに平行であることを特徴とする請求項 1～6 のうち、いずれか一項記載の磁気記録媒体。

【請求項 8】 前記非磁性結合層と磁性層との間にさらに強磁性材料よりなる磁性接合層を備え、

前記磁性接合層及び磁性層は交換結合すると共に、前記磁性接合層の磁化と磁性接合層との磁化が互いに平行であることを特徴とする請求項 1～7 のうち、いずれか一項記載の磁気記録媒体。

【請求項 9】 前記磁性接合層及び強磁性接合層を共に備え、

前記磁性接合層と強磁性接合層との交換相互作用の大きさは、磁性層と強磁性層との交換相互作用の大きさよりも大きいことを特徴とする請求項 8 記載の磁気記録媒体。

【請求項 10】 前記強磁性接合層又は磁性接合層は Co または Fe を主成分とする材料よりなり、

前記強磁性接合層及び磁性接合層の Co 含有量又は Fe 含有量は、強磁性層及び磁性層の Co 含有量又は Fe 含有量より多いことを特徴とする請求項 8 または

9のうちいずれか一項記載の磁気記録媒体。

【請求項 11】 基板と、

前記基板の上方に設けられた第1の強磁性層と、前記第1の強磁性層上に設けられた第1の非磁性結合層とからなる第1の交換層構造と、

前記第1の交換層構造上に設けられた第2の強磁性層と、前記第2の強磁性層上に設けられた第2の非磁性結合層とからなる第2の交換層構造と、

前記第2の交換層構造上に設けられた磁性層とを備え、

前記第1の強磁性層及び第2の強磁性層は交換結合すると共に、外部磁界が印加されない状態で前記第1の強磁性層の磁化と第2の強磁性層との磁化が互いに反平行であり、

前記第2の強磁性層及び磁性層は交換結合すると共に、外部磁界が印加されない状態で前記第2の強磁性層の磁化と磁性層との磁化が互いに反平行であり、

前記第2の強磁性層の動的保磁力  $H_{c1}'$  と磁性層の動的保磁力  $H_{c2}'$  との関係が  $H_{c1}' \geq H_{c2}'$  であり、かつ、

前記第1の強磁性層の動的保磁力  $H_{c3}'$  と磁性層の動的保磁力  $H_{c2}'$  の関係が  $H_{c3}' \leq H_{c2}'$  である磁気記録媒体。

【請求項 12】 前記第2の強磁性層及び磁性層は、 $CoCrPt$  または  $CoCrPt-M$  ( $M=B, Mo, Nb, Ta, W, Cu$  及びこれらの合金) を含む  $Co$  系合金からなる群のうちいずれかの材料よりなり、

前記第1の強磁性層は、磁性層の材料に対して、 $Pt$  含有量が7原子%以上少ないか又は不純物程度の原子%であることを特徴とする請求項 11 記載の磁気記録媒体。

【請求項 13】 第1の強磁性層と第1の非磁性結合層との間、第1の非磁性結合層と第2の強磁性層との間、第2の強磁性層と第2の非磁性結合層との間、及び第2の非磁性結合層と磁性層との間のうち少なくとも1つの間に磁性接合層を更に備え、

前記磁性接合層は、接する第1の強磁性層、第2の強磁性層、及び磁性層と平行な磁化方向を有することを特徴とする請求項 11 または 12 記載の磁気記録媒体。



【請求項 14】 前記第 1 の非磁性結合層又は／及び第 2 の非磁性結合層の上下に設けられた上部磁性接合層と下部磁性接合層との交換相互作用は、上部磁性接合層及び下部磁性接合層に各々接する第 1 の強磁性層、第 2 の強磁性層、及び磁性層のうちいずれか 2 つの層の交換相互作用よりも大きいことを特徴とする請求項 13 記載の磁気記録媒体。

【請求項 15】 前記非磁性結合層、第 1 の非磁性結合層、及び第 2 の非磁性結合層のうち少なくとも何れか一つは Ru、Rh、Ir、Ru 系合金、Rh 系合金、及び Ir 系合金からなる群のうちいずれかの材料よりなることを特徴とする請求項 1～14 のうち、いずれか一項記載の磁気記録媒体。

【請求項 16】 前記非磁性結合層、第 1 の非磁性結合層、及び第 2 の非磁性結合層のうち少なくともいずれか一つは 0.4 nm～1.5 nm の範囲の厚さを有することを特徴とする請求項 1～15 のうち、いずれか一項記載の磁気記録媒体。

【請求項 17】 前記強磁性層または第 2 の強磁性層の異方性磁界  $H_{k1}$  と磁性層の異方性磁界  $H_{k2}$  との関係が  $H_{k1} \geq H_{k2}$  であることを特徴とする請求項 1～16 のうち、いずれか一項記載の磁気記録媒体。

【請求項 18】 基板と、

前記基板の上方に設けられた強磁性層と、前記強磁性層上に設けられた非磁性結合層とからなる交換層構造と、

前記交換層構造上に設けられた磁性層とを備え、

前記強磁性層及び磁性層は交換結合すると共に、外部磁界が印加されない状態で前記強磁性層の磁化と磁性層との磁化が互いに反平行である磁気記録媒体であって、

前記磁性層及び強磁性層に対して磁化方向を切り換える記録磁界を印加すると、前記磁性層の磁化方向が強磁性層の磁化方向よりも先に切り換わることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 19】 請求項 1～18 のうちいずれか一項記載の磁気記録媒体と

前記磁気記録媒体に対して情報を書き込み及び／又は読み出しを行う記録再生

手段とを備えた磁気記憶装置。

【請求項 20】 記録磁界を印加して情報を磁氣的に磁気記録媒体に記録する記録方法であって、

前記磁気記録媒体は、

基板と、

前記基板の上方に設けられた強磁性層と、前記強磁性層上に設けられた非磁性結合層とからなる交換層構造と、

前記交換層構造上に設けられた磁性層とを備え、

前記強磁性層及び磁性層は交換結合すると共に、外部磁界が印加されない状態で前記強磁性層の磁化と磁性層との磁化が互いに反平行であり、

前記記録磁界と、強磁性層と磁性層間に働く交換磁界と、動的保磁力との関係が下記式(2)によって表されることを特徴とする記録方法。

$$H_{c1}' - H_{E1} > H_{h1}, \text{ かつ } H_{c2}' - H_{E2} < H_{h2} \quad \dots (2)$$

(ここで、 $H_{c1}'$  は強磁性層の動的保磁力、 $H_{c2}'$  は磁性層の動的保磁力、 $H_{E1}$ 、 $H_{E2}$  は各々強磁性層、磁性層に印加される交換磁界、 $H_{h1}$ 、 $H_{h2}$  は各々強磁性層、磁性層に印加される記録磁界を表す。)

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、高密度記録に適した磁気記録媒体および磁気記憶装置に係り、特に高記録密度での書き込み性能が優れた磁気記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】

磁気記録媒体は、近年高密度記録化が急速に進められ、年率100%の伸びを示している。現在主流の面内記録方式においては面記録密度の限界が $100 \text{ Gb/in}^2$ と予想されている。その理由として、高密度記録領域においては、媒体ノイズ低減のため、磁化単位を構成する結晶粒の大きさを低減し、磁化単位同士の境界すなわち磁化遷移領域のジグザグを低減等している。しかし、結晶粒の大きさを低減すると、磁化単位を構成する体積が減少するので、熱揺らぎにより磁

化が減少するという熱安定性の問題が生じてくる。したがって、 $100\text{Gb/in}^2$ を超える高記録密度を達成するためには、媒体ノイズの低減と熱安定性を高度に両立する必要がある。

#### 【0003】

本願発明者はこのような媒体ノイズの低減と熱安定性を両立する磁気記録媒体を提案している（特許文献1及び2参照）。かかる磁気記録媒体は、強磁性層とその強磁性層上に設けられた非磁性結合層からなる交換層構造と、その交換層構造上に形成された磁性層を有し、強磁性層と磁性層とが非磁性結合層を介して反強磁性的に交換結合しているものであり、実質的な結晶粒の体積は交換結合した強磁性及び磁性層の結晶粒の体積の和となり、熱的安定性が著しく向上するとともに、結晶粒をさらに微細化可能にするため低媒体ノイズ化を図ることができるというものである。このような磁気記録媒体を用いることにより、記録されたビットの熱安定性が向上し、媒体ノイズが低減されるので、信頼性の高い高密度記録が可能となる。

#### 【0004】

##### 【特許文献1】

特開2001-056921号公報

#### 【0005】

##### 【特許文献2】

特開2001-056924号公報

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

ところで、上記磁気記録媒体の再生出力は磁性層及び強磁性層の磁化が反平行となっているため、各々の残留磁化の差分にほぼ比例する。したがって、従来の単層磁性層を有する磁気記録媒体と同程度の再生出力を得るためには、例えば磁性層及び強磁性層に同じ組成の材料を用いた場合、記録再生を行う磁気ヘッドから遠い強磁性層に対して、磁気ヘッドに近い磁性層の膜厚を厚く、かつ従来の単層磁性層の膜厚より厚く設定する。しかし、このような構成では、磁性層の膜厚増加による書込み性能、例えばオーバーライト特性やNLTS（ノン・リニア・

トランジション・シフト) 特性が劣化するおそれがある。

【0007】

また、記録の際に、磁気ヘッドから印加された記録磁界により、磁性層及び強磁性層の磁化は互いに記録磁界の方向を向いて平行となる。その後、磁気ヘッドが移動して記録磁界が弱まると、磁性層からの交換磁界を受けて強磁性層の磁化の方向が反転し反平行に結合する。しかし、磁気ヘッドの移動方向に対して後端部にあたる、磁気ヘッドの磁極（トレーリングエッジ）付近において、記録磁界の方向を切り換えた直後の磁性層及び強磁性層の磁化の反転等の振る舞いは、各々が及ぼす交換磁界や反磁界の影響によって複雑となる。磁性層は、特に強磁性層の磁気特性等により、磁化遷移領域の形成される位置や傾き等が変化しNLTS特性が劣化するおそれがある。

【0008】

したがって、本発明は上記問題に鑑みてなされたもので、本発明の目的は、書き込まれたビットの優れた熱安定性及び低媒体ノイズ特性を有すると共に書込み性能が良好な磁気記録媒体、磁気記憶装置、及び磁気記録媒体の記録方法を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明の第一の観点によれば、基板と、前記基板の上方に設けられた強磁性層と、前記強磁性層上に設けられた非磁性結合層とからなる交換層構造と、前記交換層構造上に設けられた磁性層とを備え、前記強磁性層及び磁性層は交換結合すると共に、外部磁界が印加されない状態で前記強磁性層の磁化と磁性層との磁化が互いに反平行であり、前記強磁性層の動的保磁力 $H_{c1}'$ と磁性層の動的保磁力 $H_{c2}'$ との関係が $H_{c1}' \geq H_{c2}'$ である磁気記録媒体が提供される。

【0010】

本発明によれば、磁気ヘッドからの記録磁界の方向が切り換えられた際に、 $H_{c1}' \geq H_{c2}'$ の関係により基板側の強磁性層より動的保磁力の低い磁気ヘッド側の磁性層の磁化方向が先に記録磁界方向に切り換わる。したがって、磁性層の磁化遷移領域が記録磁界の切り換えタイミングに相当する位置に形成され、NL

TS特性を向上することができる。また、その際に強磁性層により磁性層の磁化に記録磁界と同方向の交換磁界が印加されるので、磁性層の磁化方向が切り換わり易くなるのでオーバーライト特性を向上することができる。

#### 【0011】

前記強磁性層及び磁性層は、Ni、Fe、Co、Ni系合金、Fe系合金、CoCrTa、CoCrPt、CoCrPt-Mを含むCo系合金からなる群のうちいずれかの材料よりなり、M=B、Mo、Nb、Ta、W、Cu及びこれらの合金であってもよく、強磁性層及び磁性層はCoCrPtを主体とした合金よりなり、原子%での磁性層のPt含有量が強磁性層のPt含有量以下でもよく、特に1原子%以上少なくともよい。

#### 【0012】

本発明の第二の観点によれば、基板と、前記基板の上方に設けられた強磁性層と、前記強磁性層上に設けられた非磁性結合層とからなる交換層構造と、前記交換層構造上に設けられた磁性層とを備え、前記強磁性層及び磁性層は交換結合すると共に、外部磁界が印加されない状態で前記強磁性層の磁化と磁性層との磁化が互いに反平行であり、前記強磁性層及び磁性層はCoCrPtを主体とした合金よりなり、原子%での磁性層のPt含有量が強磁性層のPt含有量以下である磁気記録媒体が提供される。

#### 【0013】

本発明によれば、磁性層のPt含有量を強磁性層のPt含有量以下とすることにより、前記強磁性層の動的保磁力 $H_{c1}'$ と磁性層の動的保磁力 $H_{c2}'$ との関係を $H_{c1}' \geq H_{c2}'$ として、上述したようにNLTS特性及びオーバーライト特性を向上することができる。

#### 【0014】

上記いずれかの磁気記録媒体において、前記強磁性層と非磁性結合層との間にさらに強磁性材料よりなる強磁性接合層を備え、前記強磁性接合層及び強磁性層は交換結合すると共に、前記強磁性層の磁化と強磁性結合層との磁化が互いに平行であってもよく、前記非磁性結合層と磁性層との間にさらに強磁性材料よりなる磁性接合層を備え、前記磁性接合層及び磁性層は交換結合すると共に、前記磁

性接合層の磁化と磁性接合層との磁化が互いに平行であってもよい。さらに、前記磁性接合層及び強磁性接合層を共に備え、前記磁性接合層と強磁性接合層との交換相互作用の大きさは、磁性層と強磁性層との交換相互作用の大きさよりも大きくてもよい。磁性接合層又は／及び強磁性接合層を備えることにより、磁性層と強磁性層との交換相互作用を強めることができ、磁気記録媒体としての熱安定性を高めることができる。

#### 【0015】

また、前記強磁性接合層又は磁性接合層はC oまたはF eを主成分とする材料よりなり、前記強磁性接合層及び磁性接合層のC o含有量又はF e含有量は、強磁性層及び磁性層のC o含有量又はF e含有量より多くてもよく、強磁性接合層又は磁性接合層は0.2 nm～5 nmの厚さを有してもよい。

#### 【0016】

本発明の第三の観点によれば、基板と、前記基板の上方に設けられた第1の強磁性層と、前記第1の強磁性層上に設けられた第1の非磁性結合層とからなる第1の交換層構造と、前記第1の交換層構造上に設けられた第2の強磁性層と、前記第2の強磁性層上に設けられた第2の非磁性結合層とからなる第2の交換層構造と、前記第2の交換層構造上に設けられた磁性層とを備え、前記第1の強磁性層及び第2の強磁性層は交換結合すると共に、外部磁界が印加されない状態で前記第1の強磁性層の磁化と第2の強磁性層との磁化が互いに反平行であり、前記第2の強磁性層及び磁性層は交換結合すると共に、外部磁界が印加されない状態で前記第2の強磁性層の磁化と磁性層との磁化が互いに反平行であり、前記第2の強磁性層の動的保磁力 $H_{c1}'$ と磁性層の動的保磁力 $H_{c2}'$ との関係が $H_{c1}' \geq H_{c2}'$ であり、かつ、前記第1の強磁性層の動的保磁力 $H_{c3}'$ と磁性層の動的保磁力 $H_{c2}'$ の関係が $H_{c3}' \leq H_{c2}'$ である磁気記録媒体が提供される。

#### 【0017】

本発明によれば、磁気ヘッドからの記録磁界の方向が切り換えられた際に、 $H_{c1}' \geq H_{c2}'$ 、かつ $H_{c3}' \leq H_{c2}'$ の関係により基板側に位置する第1の強磁性層の磁化方向が最初に切り換わる。これとほぼ同時に磁性層の磁化方向が記

録磁界方向に切り換わる。したがって、磁性層の磁化遷移領域が記録磁界の切り換えタイミングに相当する位置に形成される。ここで、磁性層の磁化方向が切り換わる時には記録磁界の方向に向いている第1の強磁性層の磁化により第2の強磁性層の磁化に記録磁界と逆方向の交換磁界が印加されているため、第2の強磁性層の磁化は記録磁界の方向に切り換わり難く記録磁界が印加される前の磁化方向を維持する。したがって、第2の強磁性層の磁化から磁性層の磁化に記録磁界と同方向の交換磁界が印加されるので、記録層の磁化が切り換わり易くなり、NLT特性及びオーバーライト特性を向上することができる。

#### 【0018】

前記第2の強磁性層及び磁性層は、CoCrPtまたはCoCrPt-M (M=B、Mo、Nb、Ta、W、Cu及びこれらの合金)を含むCo系合金からなる群のうちいずれかの材料よりなり、前記第1の強磁性層は、磁性層の材料に対して、Pt含有量が7原子%以上少ないか又は不純物程度の原子%であってもよい。

#### 【0019】

また、第1の強磁性層と第1の非磁性結合層との間、第1の非磁性結合層と第2の強磁性層との間、第2の強磁性層と第2の非磁性結合層との間、及び第2の非磁性結合層と磁性層との間のうち少なくとも1つの間に磁性接合層を更に備え、前記磁性接合層は、接する第1の強磁性層、第2の強磁性層、及び磁性層と平行な磁化方向を有してもよく、前記第1の非磁性結合層又は／及び第2の非磁性結合層の上下に設けられた上部磁性接合層と下部磁性接合層との交換相互作用は、上部磁性接合層及び下部磁性接合層に各々接する第1の強磁性層、第2の強磁性層、及び磁性層のうちいずれか2つの層の交換相互作用よりも大きくてもよい。

#### 【0020】

上記いずれかの磁気記録媒体は、前記非磁性結合層、第1の非磁性結合層、及び第2の非磁性結合層のうち少なくとも何れか一つはRu、Rh、Ir、Ru系合金、Rh系合金、及びIr系合金からなる群のうちいずれかの材料から構成されてもよく、0.4nm～1.5nmの範囲の厚さを有してもよい。

## 【0021】

本発明の第四の観点によれば、基板と、前記基板の上方に設けられた強磁性層と、前記強磁性層上に設けられた非磁性結合層とからなる交換層構造と、前記交換層構造上に設けられた磁性層とを備え、前記強磁性層及び磁性層は交換結合すると共に、外部磁界が印加されない状態で前記強磁性層の磁化と磁性層との磁化が互いに反平行である磁気記録媒体であって、前記磁性層及び強磁性層に対して磁化方向を切り換える記録磁界を印加すると、前記磁性層の磁化方向が強磁性層の磁化方向よりも先に切り換わる磁気記録媒体が提供される。

## 【0022】

本発明によれば、磁気ヘッドからの記録磁界の方向が切り換えられた際に、磁性層の磁化が記録磁界に従って先に反転する。したがって、磁性層には磁化遷移領域が記録磁界の切り換えタイミングに相当する位置に形成される。その結果、NLT特性及びオーバーライト特性を向上することができる。

## 【0023】

上記いずれかの磁気記録媒体と、前記磁気記録媒体に対して情報を書き込み及び／又は読み出しを行う記録再生手段とを備えた磁気記憶装置が提供される。

## 【0024】

本発明によれば、書き込まれたビットの優れた熱安定性及び低媒体ノイズ特性を有すると共に、オーバーライト特性やNLT等の書き込み性能が良好な信頼性の高い高密度記録を行える磁気記憶装置を実現することができる。

## 【0025】

本発明の第五の観点によれば、記録磁界を印加して情報を磁氣的に磁気記録媒体に記録する記録方法であって、前記磁気記録媒体は、基板と、前記基板の上方に設けられた強磁性層と、前記強磁性層上に設けられた非磁性結合層とからなる交換層構造と、前記交換層構造上に設けられた磁性層とを備え、前記強磁性層及び磁性層は交換結合すると共に、外部磁界が印加されない状態で前記強磁性層の磁化と磁性層との磁化が互いに反平行であり、前記記録磁界と、強磁性層と磁性層間に働く交換磁界と、動的保磁力との関係が下記式(2)によって表されることを特徴とする記録方法が提供される。



## 【0026】

$$H_{c1}' - H_{E1} > H_{h1}, \text{ かつ } H_{c2}' - H_{E2} < H_{h2} \quad \dots (2)$$

ここで、 $H_{c1}'$  は強磁性層の動的保磁力、 $H_{c2}'$  は磁性層の動的保磁力、 $H_{E1}$ 、 $H_{E2}$  は各々強磁性層、磁性層に印加される交換磁界、 $H_{h1}$ 、 $H_{h2}$  は各々強磁性層、磁性層に印加される記録磁界を表す。なお、 $H_{c1}'$ 、 $H_{c2}'$ 、 $H_{E1}$ 、 $H_{E2}$ 、 $H_{h1}$ 、 $H_{h2}$  は総て正值である。

## 【0027】

本発明によれば、記録磁界方向を切り換えて磁性層及び強磁性層の磁化方向を切り換える際に、記録磁界方向を切り換えた直後から所定の記録磁界に達する間のある時点において、上記式(2)を満足する。すなわち、磁性層に印加される記録磁界  $H_{h2}$  は動的保磁力  $H_{c2}'$  と交換磁界  $H_{E2}$  との差より大きいので、磁性層の磁化方向は記録磁界の方向に切り換わる。一方、強磁性層に印加される記録磁界  $H_{h1}$  は動的保磁力  $H_{c1}'$  と交換磁界  $H_{E1}$  との差より小さいので、強磁性層の磁化方向は維持される。したがって、磁性層の磁化が先に記録磁界方向に切り換わり、磁性層の磁化遷移領域が記録磁界の切り換えタイミングに相当する位置に形成され、NLTS特性を向上することができる。後ほど説明する第2の実施の形態に係る磁気記録媒体のように交換層構造を2つ有する場合であっても、上記式(2)を満足することにより、上記の場合と同様の効果を得ることができる。

## 【0028】

以下に本発明の原理を説明する。図1は、本発明の磁気記録媒体の静磁気特性及び磁化状態を示す図である。図1を参照するに、本発明の磁気記録媒体は、非磁性結合層13を介して基板側に位置する強磁性層11と、磁気ヘッド側に位置する磁性層12が積層され、強磁性層11と磁性層12とが交換結合をしており、外部磁界が印加されない状態(状態B、D)では、強磁性層11の磁化と磁性層12との磁化が互いに反平行を向いている。

## 【0029】

具体的には、外部磁界  $H$  を増加させると(例えば状態B→状態C、又は状態D→状態A)、強磁性層11及び磁性層12の磁化は外部磁界  $H$  の印加方向を向い

て互いに平行となる。次に外部磁界  $H$  を減少させると、強磁性層 11 の磁化が磁性層 12 からの交換磁界により反転し、外部磁界が印加されない状態（状態 B、D）では、強磁性層 11 の磁化と磁性層 12 との磁化が互いに反平行を向く。さらに、外部磁界の方向を反転させて増加させると磁化が 0 となり、この外部磁界の値が保磁力  $H_c$  となる。ここで、静磁気特性は振動試料型磁力計（VSM）等で測定されたものであり、1 ループの測定時間は数分間程度である。外部磁界の方向を切り換える時間は数秒程度となる。このような外部磁界の方向を切り換える時間（以下、「磁界スイッチング時間」と称する。）が秒のオーダー以上の長い時間の場合の保磁力  $H_c$  を静的保磁力  $H_c$  と称する。

#### 【0030】

一方、磁気記録媒体に磁気ヘッドが磁界を印加して記録する場合の磁界スイッチング時間は、サブナノ秒～1 ナノ秒程度である。かかる短時間に磁界を切り換える場合、磁化の運動を妨げる方向に力（例えば粘性力）が働くため、磁化方向を反転させるためにはより大なる印加磁界が必要となる。すなわち、保磁力が増加する。かかる保磁力を動的保磁力  $H_c'$  と称する。

#### 【0031】

図2は本発明の磁気記録媒体の動的保磁力と磁界及び磁化スイッチング時間との関係を示す概略図、図3は本発明によらない磁気記録媒体の動的保磁力と磁界及び磁化スイッチング時間との関係を示す概略図である。図2及び図3には、図1に示した強磁性層 11 及び磁性層 12 に印加される記録磁界と交換磁界との関係を示している。なお、磁化スイッチング時間は、磁化が反転する磁化をいう。

#### 【0032】

図2を参照するに、本発明の磁気記録媒体は、数秒程度の磁界スイッチング時間  $t_A$  においては、強磁性層の静的保磁力  $H_{c1}$  を磁性層の静的保磁力  $H_{c2}$  とすると、 $H_{c1} < H_{c2}$  の関係を有している。一方、磁気ヘッドの記録磁界による記録の際の磁界スイッチング時間  $t_B$  においては、強磁性層の動的保磁力  $H_{c1}'$  を磁性層の動的保磁力  $H_{c2}'$  とすると、 $H_{c1}' \geq H_{c2}'$  の関係を有している。また、磁気ヘッドの記録磁界は、磁気ヘッドからの距離に依存し、強磁性層に印加される記録磁界  $H_{h1}$  に対して、磁気ヘッドに近い磁性層に印加される記録磁界

Hh2の方が大きい。

【0033】

これらの関係を有することにより、磁気ヘッドの記録磁界方向を切り換える際には、強磁性層の動的保磁力  $H_{c1}'$  に対して、等しいか小さい大きさの動的保磁力  $H_{c2}'$  を有する磁性層の磁化が、強磁性層の磁化に先だって磁化方向が切り換わる。すなわち、記録磁界 Hh2により磁性層の磁化が反転する時間  $t_{DY2}$ は、記録磁界 Hh1により強磁性層の磁化が反転する時間  $t_{DY1}$ より小さい。

【0034】

記録磁界の反転後の時間の経過と共に強磁性層の動的保磁力が減少し、強磁性層に印加される交換磁界  $H_E$ 以下になると（記録磁界反転後からの時間  $t_{RL}$ （強磁性層磁化緩和時間）の経過後）、強磁性層の磁化方向が磁性層の磁化方向に対して反平行となる反強磁性結合の安定な状態へと緩和し、磁性層と強磁性層との交換結合による効果で熱的安定性を向上することができる。

【0035】

また、図2に示すように、本発明の磁気記録媒体は、強磁性層及び磁性層が下記式（1）の関係を有している。

【0036】

【数2】

$$\frac{H_{c1}'}{H_{c1}} > \frac{H_{c2}'}{H_{c2}} \quad \dots(1)$$

ここで、 $H_{c1}$ 、 $H_{c1}'$  は各々強磁性層の静的保磁力、動的保磁力、 $H_{c2}$ 、 $H_{c2}'$  は各々磁性層の静的保磁力、動的保磁力を表す。

【0037】

一方、図3を参照するに、本発明によらない磁気記録媒体は、強磁性層及び磁性層が、静的保磁力  $H_{c1}$ 、 $H_{c2}$ の関係は本発明の磁気記録媒体と同様であるが

、磁界スイッチング時間  $t_{DY}$  における動的保磁力の関係は、 $H_{c1'} < H_{c2'}$  の関係を有している。すなわち、磁気ヘッドの記録磁界方向を切り換える際に、磁性層の動的保磁力  $H_{c2'}$  に対して、小さい大きさの動的保磁力  $H_{c1'}$  を有する強磁性層の磁化が、磁性層の磁化に先だって磁化方向が切り換わる。すなわち、記録磁界  $H_{h2}$  により磁性層の磁化が反転する時間  $t_{DY2'}$  は、記録磁界  $H_{h1}$  により強磁性層の磁化が反転する時間  $t_{DY1}$  より大きくなる。

#### 【0038】

次に、本発明を磁気ヘッドによる記録の際の様子を示しながら、強磁性層及び磁性層の磁化に働く交換磁界を含めて本発明の作用及び効果を説明する。

#### 【0039】

図4 (A) 及び (B)、図5 (A) ~ (C) は本発明の磁気記録媒体の記録の際の様子を時系列的に示す図である。各々の図は、磁気記録媒体 10 が紙面左側に移動し、すなわち磁気ヘッド 14 が右側に移動し続けている時の、ある時点での磁気ヘッド 14 及び磁気記録媒体 10 の様子を示している。

#### 【0040】

図4 (A) では、磁気記録媒体 10 の磁性層 12 側に位置する磁気ヘッド 14 が図の左側から右側に移動しながら、記録ギャップ 14G を挟む磁極 14P<sub>1</sub>、14P<sub>2</sub> より記録磁界  $H_{AP}$  が左方向に印加されている。強磁性層 11 及び磁性層 12 は記録磁界  $H_{AP}$  により左方向に磁化され、強磁性層 11 の磁化  $M_{1A}$ 、 $M_{1B}$ 、磁性層 12 の磁化  $M_{2A}$ 、 $M_{2B}$  は互いに平行となっている。また、強磁性層 11 と磁性層 12 の交換結合により、強磁性層 11 及び磁性層 12 の磁化  $M_{1A}$ 、 $M_{1B}$ 、 $M_{2A}$ 、 $M_{2B}$  に交換磁界  $H_{E1}$ 、 $H_{E2}$  が右方向に印加されている。

#### 【0041】

図4 (B) では、磁気ヘッド 14 が図の右側に移動した状態で記録磁界  $H_{AP}$  の方向を切り換えると、上述したように、強磁性層 11 及び磁性層 12 の動的保磁力  $H_{c1'}$ 、 $H_{c2'}$  との関係が  $H_{c1'} \geq H_{c2'}$  であるので、磁気ヘッド 14 の移動方向に対して後側の磁極 14P<sub>2</sub> 付近の磁性層 12 の磁化  $M_{2B}$  が先に反転する。この際、強磁性層 11 からの交換磁界  $H_{E2}$  は、記録磁界  $H_{AP}$  方向と同じ方向であるので、磁化  $M_{2B}$  には  $H_{AP} + H_{E2}$  が印加されるので磁化  $M_{2B}$  はさらに反転

し易くなっている。したがって、記録磁界  $H_{AP}$  の切り換えのタイミングに遅れることなく磁性層 12 の磁化  $M_{2B}$  の方向が切り換わり、磁性層 12 の磁化遷移領域  $TA_{2A}$  が切り換えタイミングに相当する位置に形成されるので NLT S 特性が向上すると共に、磁化  $M_{2B}$  が反転し易いのでオーバーライト特性が向上する。なお、 $H_{c1'} = H_{c2'}$  の場合であっても、磁気ヘッド 14 に近い磁性層 12 に、強磁性層 11 より大なる記録磁界が印加されるので、上述したように磁性層 12 の磁化  $M_{2B}$  の方向が先に切り換わる。

#### 【0042】

図 5 (A) では、図 4 (B) からの時間的経過がわずかな場合を示している。磁気記録媒体 10 と磁気ヘッド 14 の位置関係がほぼ変わらないと共に記録磁界  $H_{AP}$  の方向がそのままであるため、図 4 (B) の磁性層 12 の磁化  $M_{2B}$  の反転に続いて、磁性層 11 の磁化  $M_{1B}$  が反転する。

#### 【0043】

図 5 (B) では、さらに磁気ヘッド 14 が図の右側に移動した状態で、記録磁界  $H_{AP}$  を切り換える。この場合も図 4 (B) と同様である。強磁性層 11 及び磁性層 12 の動的保磁力  $H_{c1'}$ 、 $H_{c2'}$  との関係が  $H_{c1'} \geq H_{c2'}$  であるので、磁性層 12 の磁化  $M_{2C}$  が先に反転し、その際に強磁性層 11 からの交換磁界  $H_{E2}$  は、記録磁界  $H_{AP}$  方向と同じ方向であるので、磁性層 12 の磁化  $M_{2C}$  はさらに反転し易くなっている。したがって、磁化遷移領域  $TA_2$  が記録磁界  $H_{AP}$  の切り換えタイミングに相当する位置に形成される。

#### 【0044】

図 5 (C) では、図 5 (B) の記録後の経過時間が数ミリ秒に達した時の様子を示す。なお、図 5 (B) 以降も磁気ヘッド 14 の記録磁界の切り換えによる記録を繰り返している。図 2 で示したように、記録後の時間経過と共に減少する強磁性層 11 の動的保磁力  $H_{c1'}$  が強磁性層 11 に働く交換磁界  $H_{E1}$  以下になると、強磁性層 11 の磁化は磁性層 12 の磁化に対して反平行となる反強磁性結合の安定な状態へと緩和し、強磁性層 11 の磁化遷移領域  $TA_{1A} \sim TA_{1C}$  は磁性層 12 の  $TA_{2A} \sim TA_{2C}$  にほぼ一致する。磁性層 12 と強磁性層 11 との磁氣的結合による効果で熱的安定性を向上させることができる。

## 【0045】

なお、図2で示した強磁性層磁化緩和時間  $t_{RL1}$  は1ナノ秒～10ミリ秒の範囲に設定されることが好ましい。10ミリ秒を超えると、例えば磁気ディスク装置では、磁気ディスクが1回転し、磁気ヘッド14が強磁性層の磁化が緩和する前に磁気ディスクから漏洩する磁束を感知し、強磁性層の緩和による再生出力の変動を感知することになる。

## 【0046】

図6(A)及び(B)、図7は本発明によらない磁気記録媒体の記録の際の様子を時系列的に示す図である。本発明によらない磁気記録媒体15は、強磁性層16の動的保磁力  $H_{c1}'$  と磁性層18の動的保磁力  $H_{c2}'$  との関係が  $H_{c1}' < H_{c2}'$  であるので、記録磁界が切り換わると強磁性層16の磁化が磁性層18の磁化に先だって磁化方向が切り換わる。

## 【0047】

図6(A)では、図4(A)の状態から磁気ヘッド14が図の右側に移動した状態で記録磁界  $H_{AP}$  の方向を切り換えると、上述したように、強磁性層16の動的保磁力  $H_{c1}'$  は磁性層18の動的保磁力  $H_{c2}'$  より小さいので、強磁性層16の磁化  $M1_B'$  が先に反転する。この際、強磁性層16は磁性層18より記録磁界  $H_{AP}$  方向と同じ方向の交換磁界  $H_{E1}$  が印加されているので、さらに反転し易くなっている。また、記録ギャップ14G近傍から離れるにつれて記録磁界  $H_{AP}$  は弱くなるが、強磁性層16の動的保磁力  $H_{c1}'$  が小さいため、記録磁界が動的保磁力と釣り合う程度の位置まで強磁性層16の磁化  $M1'$  は広範囲に反転する。しかし、磁性層18では、磁化が反転した強磁性層16から記録磁界  $H_{AP}$  方向と反対方向の交換磁界  $H_{E2}$  が印加され、正味の印加磁界が低下するので磁性層18の磁化の反転がし難くなり、記録磁界  $H_{AP}$  が交換磁界  $H_{E2}$  の分を補う大きさになるまで、又は磁性層18の動的保磁力が減少し、正味の印加磁界と釣り合う大きさになるまで反転が遅れる。

## 【0048】

図6(B)に示すように、記録磁界  $H_{AP}$  の切り換えのタイミングに遅れて磁性層18の磁化  $M2_B'$  が切り換わり、磁化遷移領域  $TA2_A'$  は切り換えタイミン

グに相当する位置より右側にずれて形成される。したがって、磁化遷移領域  $TA_{2'}$  は本発明の磁気記録媒体に形成された磁気遷移領域  $TA_{2A}$  より右側にずれて形成される。

#### 【0049】

図7では、図6(B)の記録後の経過時間が数ミリ秒に達した時の様子を示す。磁性層18に形成された磁気遷移領域  $TA_{2A}' \sim TA_{2C}'$  は、本発明の磁気記録媒体の磁性層12に形成された磁気遷移領域  $TA_{2A} \sim TA_{2C}$  (参考のため合わせて示したもの。)よりずれて形成される。したがって、NLTS特性が劣化する。また、磁性層18の磁化  $M_{2B}'$  が反転し難くなるのでオーバーライト特性が劣化してしまう。このように、磁性層18の磁化  $M_{2B}'$  の反転が強磁性層16の磁気特性の影響を強く受けるようになるので、強磁性層16の磁気特性のバラッキ等によりNLTS特性やオーバーライト特性が大幅に変化することになる。

#### 【0050】

以上説明したように、本発明の磁気記録媒体は強磁性層11と磁性層12が  $H_{c1}' \geq H_{c2}'$  の関係を有し、強磁性層11による交換磁界  $H_{E2}$  が記録磁界  $H_{AP}$  の方向と同じ方向に印加されるので、磁性層12の磁化遷移領域  $TA_{2A} \sim TA_{2C}$  が記録磁界  $H_{AP}$  の切り換えタイミングに相当する位置に形成され、磁性層12の磁化  $M_{2A} \sim M_{2C}$  が反転しやすいので、NLTS特性及びオーバーライト特性等の書込み性能を向上することができる。

#### 【0051】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面に基づいて本発明の実施の形態を説明する。

#### 【0052】

##### (第1の実施の形態)

図8は、本発明の第1の実施の形態に係る磁気記録媒体の断面図である。図8を参照するに、本実施の形態の磁気記録媒体20は、基板21と、前記基板21上に、第1シード層22、第2シード層23、下地層24、非磁性中間層25、強磁性層26、非磁性結合層28、磁性層29、保護層30、及び潤滑層31と

が順次形成された構成となっている。磁気記録媒体 20 は、強磁性層 26 と磁性層 29 とが非磁性結合層 28 を介して反強磁性的に交換結合された交換結合構造を有し、強磁性層 26 及び磁性層 29 は動的保磁力の関係が、強磁性層 26 の動的保磁力  $H_{c1'}$ 、磁性層 29 の動的保磁力  $H_{c2'}$  と表すと、 $H_{c1'} \geq H_{c2'}$  であることに特徴がある。

#### 【0053】

前記基板 21 は、例えばディスク状のプラスチック基板、ガラス基板、NiP メッキアルミ合金基板、シリコン基板などを用いることができ、特に基板 21 がテープ状である場合は、PET、PEN、ポリイミド等のプラスチックフィルムを用いることができる。基板 21 はテクスチャ処理が施されていてもよく、施されてなくてもよい。なお、テクスチャ処理は、磁気記録媒体 20 が磁気ディスクの場合、周方向、すなわちトラック方向に形成される。

#### 【0054】

前記第 1 シード層 22 は、非磁性材料、例えば NiP、CoW、CrTi 等からなりテクスチャ処理が施されていてもよく、施されてなくてもよい。なお、第 1 シード層 22 が NiP 等のアモルファス材料の場合は酸化処理されていることが好ましい。強磁性層 26 及び磁性層 29 の c 軸の面内配向が向上する。また、c 軸配向を向上させる公知の材料であれば NiP の替わりに用いることができる。

#### 【0055】

前記第 2 シード層 23 は、例えば NiP、CoW、CrTi 等のアモルファス材料、AlRu、NiAl、FeAl 等の B2 構造を有する合金からなる。第 2 シード層 23 がアモルファス材料よりなり、この上に形成される下地層 24 が B2 構造を有する合金よりなる場合に、下地層 24 の (001) 面又は (112) 面の配向を向上する。テクスチャ処理が施されていてもよく、施されてなくてもよい。なお、上述したテクスチャ処理は、磁気記録媒体 20 が磁気ディスクの場合、周方向、すなわちトラック方向に形成される。

#### 【0056】

前記下地層 24 は、例えば、Cr、CrMo、CrW、CrV、CrB、Cr



MoBなどのCr合金や、AlRu、NiAl、FeAl等のB2構造を有する合金より構成される。上述したように、下地層24は第2シード層23上にエピタキシャル成長し、下地層24がB2構造を有する場合は(001)面又は(112)面が成長方向に良好な配向を示し、下地層24がCrやCr合金よりなる場合は(002)面が成長方向に良好な配向を示す。また下地層24はこれらのCr合金やB2構造を有する合金からなる層を複数積層してもよい。積層することにより下地層24自体の配向を向上し、非磁性中間層25のエピタキシャル成長を良好とし、さらに強磁性層26及び磁性層29の配向を向上することができる。

#### 【0057】

前記非磁性中間層25は、CoCr合金に元素あるいは合金Mを添加したhcp構造を有する非磁性合金から構成され、厚さが1nm～5nmの範囲に設定される。ここでMは、Pt、B、Mo、Nb、Ta、W、Cu及びこれらの合金から選択される。非磁性中間層25は下地層24の結晶性及び結晶粒サイズを引き継いでエピタキシャル成長し、非磁性中間層25上にエピタキシャル成長する強磁性層26及び磁性層29の結晶性を向上し、結晶粒(磁性粒子)サイズの分布幅を減少させ、面内方向(基板面と平行な方向)のc軸配向を促進する。また、非磁性中間層25は、上記合金からなる層を複数積層してもよい。強磁性層26及び磁性層29の配向を向上することができる。

#### 【0058】

なお、強磁性層26あるいは磁性層29の格子定数に対して、非磁性中間層25の格子定数を数%だけ異ならせて、非磁性中間層25と強磁性層26の界面又は強磁性層26中に面内方向に内部応力を発生させる構成としてもよい。強磁性層26の静的保磁力を増加することができる。

#### 【0059】

前記強磁性層26は、Co、Ni、Fe、Co系合金、Ni系合金、Fe系合金等から構成される。特にCoCrTa、及びCoCrPt、さらにこれらに、B、Mo、Nb、Ta、W、Cu及びこれらの合金を添加した材料が好ましい。強磁性層26は厚さが1nm～10nmの範囲に設定される。強磁性層26は非

磁性中間層 25 上に (11-20) 方向にエピタキシャル成長し、c 軸が面内方向に配向して磁化容易軸方向が面内方向となる。また、強磁性層 26 は複数積層してもよい。磁性層 29 の配向性を向上することができる。

#### 【0060】

前記非磁性結合層 28 は、例えば Ru、Rh、Ir、Ru 系合金、Rh 系合金、Ir 系合金などから構成される。これらのうち、Rh、Ir は fcc 構造を有するのに対し Ru は hcp 構造を有し CoCrPt 系合金の格子定数  $a = 0.25 \text{ nm}$  に対し Ru は  $a = 0.27 \text{ nm}$  で近接しているので Ru あるいは Ru 系合金が好適である。Ru 系合金としては Co、Cr、Fe、Ni、及び Mn のうちいずれか一つ、またはこれらの合金と Ru の合金が好適である。

#### 【0061】

また、非磁性結合層 28 の厚さは  $0.4 \text{ nm} \sim 1.5 \text{ nm}$  (好ましくは  $0.6 \text{ nm} \sim 0.9 \text{ nm}$ 、Ru 合金では合金中の Ru の含有量にもよるが  $0.8 \text{ nm} \sim 1.4 \text{ nm}$ ) の範囲に設定される。非磁性結合層 28 を介して強磁性層 26 と磁性層 29 とが交換結合し、非磁性結合層 28 の厚さをこの範囲に設定することにより強磁性層 26 の磁化と磁性層 29 の磁化とが反強磁性的に結合し、図 1 に示したように外部磁界が印加されていない状態では互いに反平行となる。

#### 【0062】

前記磁性層 29 は、強磁性層 26 と同様に、Co、Ni、Fe、Co 系合金、Ni 系合金、Fe 系合金等から構成される。特に CoCrTa、及び CoCrPt、さらにこれらに、B、Mo、Nb、Ta、W、Cu 及びこれらの合金を添加した材料が好ましい。また、磁性層 29 は複数積層してもよい。磁性層 29 は厚さが、 $5 \text{ nm} \sim 30 \text{ nm}$  の範囲に設定される。

#### 【0063】

また、磁性層 29 と強磁性層 26 との関係において、強磁性層 26、磁性層 29 のそれぞれの残留磁化を  $M_{r1}$ 、 $M_{r2}$ 、膜厚を  $t_1$ 、 $t_2$  と表すと、 $M_{r1}t_1 < M_{r2}t_2$  に設定することが好ましい。磁性層 29 が正味の残留面積磁化を有し、磁気ヘッドの記録磁界の反転位置に対応して磁性層 29 に情報を正確に記録することができる。なお、 $M_{r1}t_1 > M_{r2}t_2$  と設定してもよいが、強磁性

層 26 が正味の残留磁化を有し、磁気ヘッドによる記録磁界の反転位置に対応して強磁性層 26 に正確に情報を記録することがより困難となる。さらに、磁気ヘッドと強磁性層 26 の距離が大となり、再生出力が低下してしまう。

#### 【0064】

磁性層 29 と強磁性層 26 との関係において、強磁性層 26、磁性層 29 の動的保磁力を  $H_{c1}'$ 、 $H_{c2}'$  と表すと、 $H_{c1}' \geq H_{c2}'$  に設定される。磁性層 29 の動的保磁力  $H_{c2}'$  を強磁性層 26 の動的保磁力を  $H_{c1}'$  より低くすることで、上述したように、磁気ヘッドの記録磁界の反転に対し、磁性層 29 の磁化が、強磁性層 26 の磁化より先に反転する。したがって、磁性層 29 には記録磁界の反転のタイミングに合った磁化遷移領域が形成され、NLTS を低減することができる。

#### 【0065】

強磁性層 26、磁性層 29 の動的保磁力  $H_{c1}'$ 、 $H_{c2}'$  が  $H_{c1}' \geq H_{c2}'$  関係を有する一例としては、強磁性層 26 及び磁性層 29 の異方性磁界  $H_k$  の関係が、強磁性層 26 の異方性磁界  $H_{k1} > \text{磁性層 29 の異方性磁界 } H_{k2}$  となるように設定する。Bertram (H. N. Bertram, H. J. Richter, Arrhenius-Neel: J. Appl. Phys., vol. 85, No. 8, pp.4991(1999)) による動的保磁力と異方性磁界との関係は下記式 (3) より、

$$H_{c'} = 0.474 H_k \{1 - 1.55 [(k_B T / K u V) \times \ln(f_0 t / \ln 2) / 2]\}^{2/3} \quad \dots (3)$$

と表され、磁界スイッチング時間  $t = 10^{-9} / \ln 2$  秒で異方性磁界と動的保磁力は比例すると考えてよく、 $H_{k1} > H_{k2}$  より、 $H_{c1}' \geq H_{c2}'$  の関係なる強磁性層 26 及び磁性層 29 が設定されることとなる。なお、上記式 (1) 中、 $f_0$  は緩和周波数 (Attempt frequency)、 $K u$  は異方性定数、 $V$  は磁性単位の体積、 $k_B$  はボルツマン定数、 $T$  は絶対温度である。

#### 【0066】

また、強磁性層 26、磁性層 29 の動的保磁力  $H_{c1}'$ 、 $H_{c2}'$  が上記の関係を有する他の例としては、強磁性層 26 及び磁性層 29 が CoCrPt 系合金よりなる場合は、磁性層 29 の Pt 含有量を強磁性層 26 の Pt 含有量より少なく

設定する。例えば、強磁性層 26 及び磁性層 29 が CoCrPtB よりなる場合は、Pt 含有量を強磁性層 26 の方が多くなるように設定する。強磁性層 26 を CoCrPt12B、磁性層 29 を CoCrPt9B に設定する（数値は各々の合金の中の Pt 含有量（原子%））。このような構成にすることにより、強磁性層 26 の動的保磁力  $H_{c1}'$  と磁性層 29 の動的保磁力  $H_{c2}'$  の関係を  $H_{c1}' \geq H_{c2}'$  とすることができる。

#### 【0067】

前記保護層 30 は、例えばダイヤモンドライクカーボン、窒化カーボン、アモルファスカーボンなどにより構成され、厚さが 0.5 nm ~ 10 nm（好ましくは 0.5 nm から 5 nm）に設定される。

#### 【0068】

前記潤滑層 31 は、例えばパーフルオロポリエーテルを主鎖として末端基が -OH、ベンゼン環等よりなる有機系液体潤滑剤より構成される。具体的には、厚さが 0.5 nm ~ 3.0 nm の ZDol（Monte Fluos 社製 末端基：-OH）、AM3001（アウジモント社製、末端基：ベンゼン環）、Z25（Monte Fluos 社製）等を用いることができる。なお、潤滑剤は保護層 30 の材質に合わせて適宜選定される。なお、上述した各層は潤滑層 31 を除いてスパッタ法、真空蒸着法などにより形成される。また、潤滑層 31 は浸漬法、スピンコート法が用いられ、磁気記録媒体がテープ状の場合はダイ塗工法等も用いることができる。

#### 【0069】

以下本実施の形態に係る実施例を説明する。本実施例の磁気ディスクは、ガラス基板上に厚さ 25 nm の NiP 層を形成し、大気曝露により NiP 層に酸化処理を施し、その上に 5 nm の CrMoW 層及び 3 nm の CrMo 層、1 nm の CoCrTa 層、強磁性層 26 として厚さ 5 nm の CoCrPt<sub>x</sub>B 合金層、厚さ 0.8 nm の Ru 層（非磁性結合層 28）、磁性層 29 として厚さ 17 nm の CoCrPt12B 合金層、厚さ 4.5 nm のダイヤモンドライクカーボン層を形成した。これらの成膜においては DC マグネトスパッタリング装置を用いた。さらに、潤滑層を浸漬法により塗布した。ここで、強磁性層 26 である CoCrPt

XB合金層のPt含有量をX=0、2.5、5.0、7.5、10.0、及び16原子%とし、Cr含有量及びB含有量は、強磁性層26と磁性層29とではほぼ同量(原子%)含む材料により磁気ディスクを作製した。

#### 【0070】

次いで、本実施例の磁気ディスクをスピNSTAND(協同電子システム社製LS90型)に複合型磁気ヘッドを用いて、オーバーライト特性、及びNLTS特性を測定した。また静的保磁力(基板に対して面内方向の保磁力)をカー効果を用いて評価した。

#### 【0071】

図9は、本実施例の磁気ディスクの静的保磁力と強磁性層26のPt含有量との関係を示す図である。図10は、オーバーライト特性と強磁性層26のPt含有量との関係を示す図である。

#### 【0072】

図9及び図10を参照するに、強磁性層26のPt含有量の増加に対して静的保磁力が単調に増加し、10原子%においてほぼ飽和しているのに対し、オーバーライト特性は強磁性層26のPt含有量の増加に対して5原子%においてピークを示した後良好となる。強磁性層26のPt含有量を12原子%よりさらに増加させて16原子%とすると、各点を近似して求めた特性曲線のPt含有量が12原子%でのオーバーライト対して、16原子%でのオーバーライトが大幅に改善されることが分かる。通常の磁気記録媒体において単層の磁性層の静的保磁力が増加するとオーバーライトは悪化するが、本実施例では強磁性層26のPt含有量を増加させることにより磁性層29の静的保磁力が増加してもオーバーライト特性を改善することができる。すなわち、磁性層29のPt含有量を強磁性層26のPt含有量以下とすることによりオーバーライト特性を改善することができる。

#### 【0073】

なお、各点を近似して求めた特性曲線から読み取るとPt含有量が12原子%におけるオーバーライトは-31.8dBであり、Pt含有量が0原子%の場合より低下しているが、静的保磁力が43kA/mも高いことに起因しているもの

と思われる。仮に Pt 含有量が 0 原子%と 12 原子%の各々の磁気ディスクの静的保磁力を揃えて作製した場合、オーバーライト特性は 12 原子%の方が良好であることが容易に推察することができる。静的保磁力がやや小なる Pt 含有量 5 原子%のオーバーライト特性より、12 原子%の方がオーバーライト特性が良好であるからである。したがって、磁性層 29 の Pt 含有量を強磁性層 26 の Pt 含有量以下とすることにより書き込み能力が向上することが分かる。

#### 【0074】

図 11 は、本実施例の磁気ディスクの NLTS 特性と強磁性層 26 の Pt 含有量との関係を示す図である。図 11 を参照するに、NLTS 特性は強磁性層 26 の Pt 含有量の増加に対して悪化すると共に 10 原子%においてほぼ飽和し、16 原子%においては大幅に改善されていることがわかる。各点を近似して求めた特性曲線から読みとると、Pt 含有量が 12 原子%における NLTS は 25.5%であり、Pt 含有量が 0 原子%の場合の 23.5%より悪化している。しかし、強磁性層 26 の Pt 含有量を更に増加し、12 原子%以上とすることにより NLTS 特性が改善され書き込み能力が向上することが分かる。

#### 【0075】

図 12 は、S/N と強磁性層 26 の Pt 含有量との関係を示す図である。図 12 を参照するに、S/N は、強磁性層 26 の Pt 含有量の増加に対して 10 原子%まではほぼ一定にも拘わらず、12 原子%付近から 16 原子%において向上していることが分かる。したがって、磁性層 29 の Pt 含有量を強磁性層 26 の Pt 含有量以下とすることにより S/N が向上することが分かる。次に、動的保磁力及び S/N 変化率の評価について説明する。

#### 【0076】

##### [動的保磁力の評価]

動的保磁力は、スピンスタンド及び磁気ヘッドを用いて実施例に係る磁気ディスクを以下に示す方法により測定した。測定条件を以下に示す。

#### 【0077】

スピンスタンド：協同電子システム社製 LS90 型

アナライザ：日本テクノビュート社製 DHA9701

回転数: 5200 RPM

測定位置: 半径 16 mm

磁気ヘッド記録ギャップ長: 180 nm

図 13 は動的保磁力  $H_c'$  の測定手順を示すフローチャートである。図 13 を参照するに、まず、記録電流  $I_{wm}$  及び回転数  $T_n$  の  $m$ 、 $n$  を各々初期値 1 に設定する (S102)。なお、記録電流  $I_{wm}$  ( $m=1 \sim \text{END}$ ) は、10 mA 程度の小なる値から最大値がほぼ飽和する程度の値までとしかつ適切な増分を設定する。また、書き込み回転数  $T_n$  は書き込み時間に関係し、1 回転当たりの書き込み時間は記録ヘッドのギャップ長  $GL$  と周速  $v$  より決まる時間  $GL/v$  に相当する。書き込み回転数  $T_n$  は 1 回転から 5000 回転程度としかつ適切な増分を設定する。次いで、一定方向に DC 消去する (S104)。この際の記録電流は磁性層を飽和することができる電流値に設定する。次いで、記録電流  $I_{w1}$  にて、DC 消去した方向とは逆の方向の磁界を回転数  $T1$  に亘って印加する (S106)。次いで媒体ノイズを測定する (S108)。媒体ノイズは 10 MHz ~ 書き込み周波数の 2 ~ 3 倍程度の周波数範囲に亘って行う。

#### 【0078】

次いで、 $m = \text{END}$  か否かを判断し (S110)、 $m = \text{END}$  でない場合は記録電流  $I_{wm}$  の  $m$  に 1 を増加し (S112)、上述した S104 ~ S112 を繰り返し行い、 $m = \text{END}$  の場合は、媒体ノイズ量が最大となった記録電流  $I_{wp}$  を求める (S114)。この記録電流  $I_{wp}$  は、記録状態が最もランダムになった状態、すなわち残留磁化量が 0 になった状態である。したがって、記録電流  $I_{wp}$  は動的保磁力に相当し、書き込み回転数  $T1$  における動的保磁力とする。

#### 【0079】

次いで、 $n = \text{END}$  か否かを判断し (S116)、 $n = \text{END}$  でない場合は次の書き込み回転数  $T_n$  の  $n$  に 1 を増加し (S118)、S104 ~ S118 まで行い、それぞれの  $T_n$  について記録電流  $I_{wp}$  を求める。

#### 【0080】

次いで、書き込み回転数  $T_n$  を書き込み時間  $t$  ( $= T_n \times GL/v$ ) に変換し、記録電流  $I_{wp}$  を動的保磁力  $H_c'$  ( $= I_{wp} \times \alpha$ ) に変換する。なお、 $\alpha$  は

磁気ヘッドの  $I_w$  と記録磁界との関係により決定される。ただし、磁性層 29 と強磁性層 26 との動的保磁力の大小関係を求めればよいので、記録電流  $I_{wp}$  を用いてもよい。

#### 【0081】

##### [S/Nt変化率の評価]

S/Nt変化率は、動的保磁力の評価と同様にしてスピNSTAND及び磁気ヘッドを用いて実施例に係る磁気ディスクを以下に示す方法により測定した。測定条件を以下に示す。

#### 【0082】

書込み周波数：110MHz

回転数：3670RPM

測定位置：半径23mm

磁気ヘッド記録ギャップ長：180nm

なお、スピNSTAND及びアナライザは動的保磁力の評価と同じ装置を用いた。

#### 【0083】

再生出力  $S$  は上記書込周波数により書き込んだ信号の再生出力、トータルノイズ  $N_t$  は、媒体ノイズ、ヘッドノイズ、及び機器ノイズを加えたものある。 $S/N_t$  を適切な時間間隔で測定し、書き込んでからの経過時間  $t$  とさらに時間をおいた時間  $t'$  での  $S/N_t$  から  $S/N_t$  変化率 ( $dB/decade$ ) を求めた。 $S/N_t$  の測定は、記録したトラックに対してオフトラックが可能な限り低減するようにして行った。なお、 $S/N_t$  変化率の評価は  $25^{\circ}C$  で行った。

#### 【0084】

図14は、磁気記録媒体の動的保磁力及び  $S/N_t$  変化率の特性を示す図である。

#### 【0085】

図14を参照するに、本発明に係る実施例1（強磁性層のPt含有量：16原子%、磁性層のPt含有量：12原子%）の磁気ディスクは、本発明によらない比較例1、比較例2の磁気ディスクに対して、大幅に  $S/N_t$  変化率が小さくなっていることが分かる。特に、実施例1と比較例2は、動的保磁力はほぼ同様の



値を示しているのに対し、実施例 1 は、 $S/N_t$  変化率が 0.064 dB も小さくなっている。

#### 【0086】

ここで、実施例 1 と比較例 1 及び 2 を比較すると、磁性層の Pt 含有量は 12 原子% で同様であり、強磁性層の Pt 含有量は実施例 1 が 16 原子%、比較例 1 及び 2 がそれぞれ 0 及び 7.5 原子% である。Pt 含有量の大小は、異方性磁界を介して動的保磁力の大小に関係するので、実施例 1 では、強磁性層の動的保磁力 > 磁性層の動的保磁力、比較例 1 及び 2 では、強磁性層の動的保磁力 < 磁性層の動的保磁力の関係が成立していると十分考えられる。したがって、強磁性層の動的保磁力 > 磁性層の動的保磁力を有することにより、 $S/N_t$  変化率が一層低減されることが分かる。

#### 【0087】

(第 1 の実施の形態の変形例)

図 15 は、第 1 の実施の形態の変形例に係る磁気記録媒体の要部断面図である。図中、先に説明した部分に対応する部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

#### 【0088】

図 15 を参照するに、本変形例に係る磁気記録媒体 40 は、基板 21 と、前記基板 21 上に、第 1 シード層 22、第 2 シード層 23、下地層 24、非磁性中間層 25、強磁性層 26、強磁性接合層 41、非磁性結合層 28、磁性接合層 42、磁性層 29、保護層 30、及び潤滑層 31 とが順次形成された構成となっている。磁気記録媒体 40 は、強磁性接合層 41 及び磁性接合層 42 を設けた以外は第 1 の実施の形態にかかる磁気記録媒体 20 と同様の構成からなっている。なお、強磁性接合層 41、磁性接合層 42 はいずれか一方としてもよい。

#### 【0089】

強磁性接合層 41、磁性接合層 42 はそれぞれ接する強磁性層 26、磁性層 29 と交換結合するとともに、互いに磁化方向が平行となる。強磁性接合層 41 又は / 及び磁性接合層 42 を設けることにより、非磁性結合層 28 を介した、強磁性接合層 41 - 磁性層 29 間、強磁性層 26 - 磁性接合層 42 間、及び強磁性接

合層 41-磁性接合層 42 間に働く交換相互作用と交換磁界を強磁性層 26-磁性層 29 間に働く交換相互作用と交換磁界よりも大きくなる。このような構成とすることにより、記録磁界を切り換えた際に磁性層 29 に働く記録磁界方向の交換磁界がより大きくなるので、磁性層 29 の磁化の反転がし易くなり、第 1 の実施の形態に係る磁気記録媒体 20 と比較して、書き込み性能が一層良好となる。さらに、交換相互作用の大きさも大きくなるので熱安定性が一層向上する。

#### 【0090】

強磁性接合層 41、磁性接合層 42 は、それぞれ 0.2 nm~5 nm の厚さを有し、Co、Ni、Fe、Co 系合金、Ni 系合金、Fe 系合金等から構成される。特に CoCrTa、及び CoCrPt、さらにこれらに、B、Mo、Nb、Ta、W、Cu 及びこれらの合金を添加した材料が好ましい。強磁性接合層 41 又は磁性接合層 42、強磁性層 26、磁性層 29 が Co 又は Fe を主成分とする材料からなる場合、強磁性接合層 41 又は磁性接合層 42 の Co 含有量又は Fe 含有量を、強磁性層 26 又は磁性層 29 の Co 含有量又は Fe 含有量より多く設定することが好ましい。強磁性接合層 41-磁性接合層 42 間の相互作用の大きさを、強磁性層 26-磁性層 29 間の相互作用の大きさよりも大きくすることができる。

#### 【0091】

(第 2 の実施の形態)

図 16 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る磁気記録媒体の断面図である。図中、先に説明した部分に対応する部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

#### 【0092】

図 16 を参照するに、本実施の形態の磁気記録媒体 50 は、基板 21 と、前記基板 21 上に、第 1 シード層 22、第 2 シード層 23、下地層 24、非磁性中間層 25、第 1 強磁性層 51、第 1 非磁性結合層 52、第 2 強磁性層 53、第 2 非磁性結合層 54、磁性層 29、保護層 30、及び潤滑層 31 とが順次形成された構成となっている。なお、第 2 強磁性層 53、第 2 非磁性結合層 54 はそれぞれ第 1 の実施の形態の強磁性層 26、非磁性結合層 28 と同様のものである。

## 【0093】

前記第1強磁性層51と第2強磁性層53は交換結合しており、外部磁界が印加されない状態で、それぞれの磁化方向は互いに反平行となっている。第2強磁性層53と磁性層29とは第1の実施の形態で述べた交換結合をなしている。

## 【0094】

本実施の形態の磁気記録媒体50は、第1強磁性層51、第2強磁性層53、及び磁性層29の動的保磁力をそれぞれ $H_{c3}'$ 、 $H_{c1}'$ 、 $H_{c2}'$ と表すと、 $H_{c1}' \geq H_{c2}'$  かつ、 $H_{c3}' \leq H_{c2}'$  の関係を有する。このような関係より、記録磁界を切り換えた際に、第1強磁性層51の磁化がもっとも早く記録磁界方向に切り換わり、交換結合している第2強磁性層53に対して記録磁界とは逆の方向の交換磁界を印加するため、第2強磁性層53の磁化方向を維持するように働く。

## 【0095】

したがって、第2強磁性層53の磁化は磁性層29の磁化より記録磁界方向に切り換わり難くなり安定する。第2強磁性層53の磁化は磁性層29の磁化に対して記録磁界と同じ方向の交換磁界を印加するので、磁性層29の磁化が記録磁界方向に切り換わり易くなるように働くため、書き込み性能が一層向上する。さらに、第1強磁性層51、第2強磁性層53、及び磁性層29の3層が互いに交換結合しているので、熱安定性を向上することができる。なお、 $H_{c3}'$  は記録磁界に対する第1強磁性層51の磁化方向の追従性の観点からは小さい方が好ましい。

## 【0096】

更に、第2強磁性層53には、第1強磁性層51及び磁性層29の両方から交換磁界が働く。したがって、記録後の経過時間に対してより早く磁性層29の磁化方向と反対方向に緩和する。すなわち熱的に安定な状態をより早く形成することができる。

## 【0097】

第1強磁性層51、第1非磁性結合層52は、第1の実施の形態における強磁性層26、非磁性結合層28とそれぞれ同様の材料から構成される。特に、第1

強磁性層 51 は、磁性層 29 の材料に対して Pt 含有量が 7 原子% 以上少ないか、不純物程度の原子% であることが好ましい。記録磁界の切り換えに対して第 1 強磁性層 51 の磁化方向の追従性を向上し、切り換えを早くすることにより、第 2 強磁性層 53 に対して記録磁界と反対方向の交換磁界を働くようにすることができる。

#### 【0098】

(第 2 の実施の形態の変形例)

図 17 は、第 2 の実施の形態の変形例に係る磁気記録媒体の要部断面図である。図中、先に説明した部分に対応する部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

#### 【0099】

図 17 を参照するに、本実施の形態の磁気記録媒体 60 は、基板 21 と、前記基板 21 上に、第 1 シード層 22、第 2 シード層 23、下地層 24、非磁性中間層 25、第 1 強磁性層 51、第 1 強磁性接合層 61、第 1 非磁性結合層 52、下部第 2 強磁性接合層 62、第 2 強磁性層 53、上部第 2 強磁性接合層 63、第 2 非磁性結合層 54、磁性接合層 42、磁性層 29、保護層 30、及び潤滑層 31 とが順次形成された構成となっている。なお、第 1 強磁性接合層 61、下部第 2 強磁性接合層 62、上部第 2 強磁性接合層 63、磁性接合層 42 のうち、いずれか少なくとも一層としてもよい。

#### 【0100】

本変形例の磁気記録媒体 60 は、第 2 の実施の形態に係る磁気記録媒体 50 と第 1 の実施の形態の変形例に係る磁気記録媒体 40 を組み合わせたものであり、第 1 強磁性接合層 61、下部第 2 強磁性接合層 62、上部第 2 強磁性接合層 63 は、強磁性接合層 41、磁性接合層 42 と同様の材料、厚さより構成されている。

#### 【0101】

磁気記録媒体 60 は、第 1 強磁性接合層 61、下部第 2 強磁性接合層 62、上部第 2 強磁性接合層 63、磁性接合層 42 のうち少なくとも一層を設けることにより、第 2 強磁性層 53 に働く交換磁界を大きくすることができ、記録後の経過

時間に対してより一層早く磁性層 29 の磁化方向と反対方向に緩和することができる。すなわち熱的に安定な状態をより早く形成することができる。

#### 【0102】

また、第1強磁性接合層 61 又は／及び下部第2強磁性接合層 62 を設けることにより、記録磁界を切り換えた際に、第1強磁性層 51 及び第1強磁性接合層 61 の磁化が最も早く記録磁界方向に切り換わり、交換結合している第2強磁性層 53 に対して記録磁界とは逆の方向のより大きい交換磁界を印加することができる。

#### 【0103】

(第3の実施の形態)

次に、本発明の磁気記憶装置の一実施の形態を示す図18及び図19と共に説明する。図18は、磁気記憶装置の要部を示す断面図である。図19は、図18に示す磁気記憶装置の要部を示す平面図である。

#### 【0104】

図18及び図19を参照するに、磁気記憶装置70は大略ハウジング73からなる。ハウジング73内には、モータ74、ハブ75、複数の磁気記録媒体76、複数の記録再生ヘッド77、複数のサスペンション78、複数のアーム79及びアクチュエータユニット71が設けられている。磁気記録媒体76は、モータ74より回転されるハブ75に取り付けられている。記録再生ヘッド77は、MR素子（磁気抵抗効果型素子）、GMR素子（巨大磁気抵抗効果型素子）、又はTMR素子（トンネル磁気効果型）、又はCPP素子（Current Perpendicular to Plane素子）の再生ヘッド77Aと薄膜ヘッドの記録ヘッド77Bとの複合型ヘッドからなる。各記録再生ヘッド77は対応するアーム79の先端にサスペンション78を介して取り付けられている。アーム79はアクチュエータユニット71により駆動される。この磁気記憶装置の基本構成自体は周知であり、その詳細な説明は本明細書では省略する。

#### 【0105】

本実施の形態の磁気記憶装置70は、磁気記録媒体76に特徴がある。磁気記録媒体76は、例えば、図8、15～17に示す積層構成を有する実施の形態の

磁気記録媒体である。勿論磁気記録媒体 76 の枚数は 3 枚に限定されず、1 枚でも、2 枚又は 4 枚以上であっても良い。

【0106】

磁気記憶装置 70 の基本構成は、図 18 及び図 19 に示すものに限定されるものではない。本発明で用いる磁気記録媒体 76 は、磁気ディスクに限定されない。

【0107】

本実施の形態によれば、磁気記憶装置 70 は、磁気記録媒体 76 が書き込まれたビットの優れた熱安定性及び低媒体ノイズ特性を有すると共に、書込み性能が良好であるので、信頼性が高くかつ高記録密度化を図ることができる。

【0108】

以上本発明の好ましい実施例について詳述したが、本発明は係る特定の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の範囲内、及び本発明の原理に即した実施の形態から容易に応用が可能な範囲において、種々の変形・変更が可能である。

【0109】

例えば、第 2 の実施の形態に係る磁気記録媒体において、第 1 強磁性層と第 1 非磁性結合層よりなる交換層構造の下にさらに同様の交換層構造を設けてもよい。

【0110】

なお、以上の説明に関して更に以下の付記を開示する。

(付記 1) 基板と、

前記基板の上方に設けられた強磁性層と、前記強磁性層上に設けられた非磁性結合層とからなる交換層構造と、

前記交換層構造上に設けられた磁性層とを備え、

前記強磁性層及び磁性層は交換結合すると共に、外部磁界が印加されない状態で前記強磁性層の磁化と磁性層との磁化が互いに反平行であり、

前記強磁性層の動的保磁力  $H_{c1'}$  と磁性層の動的保磁力  $H_{c2'}$  との関係が  $H_{c1'} \geq H_{c2'}$  である磁気記録媒体。

(付記2) 前記強磁性層及び磁性層は、Ni、Fe、Co、Ni系合金、Fe系合金、CoCrTa、CoCrPt、CoCrPt-Mを含むCo系合金からなる群のうちいずれかの材料よりなり、M=B、Mo、Nb、Ta、W、Cu及びこれらの合金であることを特徴とする付記1記載の磁気記録媒体。

(付記3) 前記強磁性層及び磁性層はCoCrPtを主体とした合金よりなり、原子%での磁性層のPt含有量が強磁性層のPt含有量以下であることを特徴とする付記2記載の磁気記録媒体。

(付記4) 前記強磁性層のPt含有量が磁性層のPt含有量より1原子%以上少ないことを特徴とする付記3記載の磁気記録媒体。

(付記5) 基板と、

前記基板の上方に設けられた強磁性層と、前記強磁性層上に設けられた非磁性結合層とからなる交換層構造と、

前記交換層構造上に設けられた磁性層とを備え、

前記強磁性層及び磁性層は交換結合すると共に、外部磁界が印加されない状態で前記強磁性層の磁化と磁性層との磁化が互いに反平行であり、前記強磁性層及び磁性層はCoCrPtを主体とした合金よりなり、原子%での磁性層のPt含有量が強磁性層のPt含有量以下である磁気記録媒体。

(付記6) 前記強磁性層及び磁性層は、強磁性層の静的保磁力 $H_{c1}$ と磁性層の静的保磁力 $H_{c2}$ との関係が $H_{c1} < H_{c2}$ であることを特徴とする付記1～5のうち、いずれか一項記載の磁気記録媒体。

(付記7) 前記強磁性層及び磁性層は、下記(1)式を満たすことを特徴とする付記1～6のうち、いずれか一項記載の磁気記録媒体。

【数3】

$$\frac{H_{c1}'}{H_{c1}} > \frac{H_{c2}'}{H_{c2}} \quad \dots(1)$$

(ここで、 $H_{c1}$ 、 $H_{c1}'$  は各々強磁性層の静的保磁力、動的保磁力、 $H_{c2}$ 、 $H_{c2}'$  は各々磁性層の静的保磁力、動的保磁力を表す。)

(付記 8) 前記強磁性層と非磁性結合層との間にさらに強磁性材料よりなる強磁性接合層を備え、

前記強磁性接合層及び強磁性層は交換結合すると共に、前記強磁性層の磁化と強磁性結合層との磁化が互いに平行であることを特徴とする付記 1～7 のうち、いずれか一項記載の磁気記録媒体。

(付記 9) 前記非磁性結合層と磁性層との間にさらに強磁性材料よりなる磁性接合層を備え、

前記磁性接合層及び磁性層は交換結合すると共に、前記磁性接合層の磁化と磁性接合層との磁化が互いに平行であることを特徴とする付記 1～8 のうち、いずれか一項記載の磁気記録媒体。

(付記 10) 前記磁性接合層及び強磁性接合層を共に備え、

前記磁性接合層と強磁性接合層との交換相互作用の大きさは、磁性層と強磁性層との交換相互作用の大きさよりも大きいことを特徴とする付記 9 記載の磁気記録媒体。

(付記 11) 前記強磁性接合層又は磁性接合層は  $Co$  または  $Fe$  を主成分とする材料よりなり、

前記強磁性接合層及び磁性接合層の  $Co$  含有量又は  $Fe$  含有量は、強磁性層及び磁性層の  $Co$  含有量又は  $Fe$  含有量より多いことを特徴とする付記 8～10 のうちいずれか一項記載の磁気記録媒体。

(付記 12) 前記強磁性接合層又は磁性接合層は  $0.2\text{ nm} \sim 5\text{ nm}$  の厚さを有することを特徴とする付記 8～12 のうちいずれか一項記載の磁気記録媒体。

(付記 13) 基板と、

前記基板の上方に設けられた第 1 の強磁性層と、前記第 1 の強磁性層上に設けられた第 1 の非磁性結合層とからなる第 1 の交換層構造と、

前記第 1 の交換層構造上に設けられた第 2 の強磁性層と、前記第 2 の強磁性層上に設けられた第 2 の非磁性結合層とからなる第 2 の交換層構造と、

前記第 2 の交換層構造上に設けられた磁性層とを備え、



前記第1の強磁性層及び第2の強磁性層は交換結合すると共に、外部磁界が印加されない状態で前記第1の強磁性層の磁化と第2の強磁性層との磁化が互いに反平行であり、

前記第2の強磁性層及び磁性層は交換結合すると共に、外部磁界が印加されない状態で前記第2の強磁性層の磁化と磁性層との磁化が互いに反平行であり、

前記第2の強磁性層の動的保磁力  $H_{c1}'$  と磁性層の動的保磁力  $H_{c2}'$  との関係が  $H_{c1}' \geq H_{c2}'$  であり、かつ、

前記第1の強磁性層の動的保磁力  $H_{c3}'$  と磁性層の動的保磁力  $H_{c2}'$  の関係が  $H_{c3}' \leq H_{c2}'$  である磁気記録媒体。

(付記14) 前記第2の強磁性層及び磁性層は、 $\text{CoCrPt}$  または  $\text{CoCrPt-M}$  ( $M=\text{B}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Ta}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{Cu}$  及びこれらの合金) を含む  $\text{Co}$  系合金からなる群のうちいずれかの材料よりなり、

前記第1の強磁性層は、磁性層の材料に対して、 $\text{Pt}$  含有量が7原子%以上少ないか又は不純物程度の原子%であることを特徴とする付記13記載の磁気記録媒体。

(付記15) 第1の強磁性層と第1の非磁性結合層との間、第1の非磁性結合層と第2の強磁性層との間、第2の強磁性層と第2の非磁性結合層との間、及び第2の非磁性結合層と磁性層との間のうち少なくとも1つの間に磁性接合層を更に備え、

前記磁性接合層は、接する第1の強磁性層、第2の強磁性層、及び磁性層と平行な磁化方向を有することを特徴とする付記13または14記載の磁気記録媒体。

(付記16) 前記第1の非磁性結合層又は／及び第2の非磁性結合層の上下に設けられた上部磁性接合層と下部磁性接合層との交換相互作用は、上部磁性接合層及び下部磁性接合層に各々接する第1の強磁性層、第2の強磁性層、及び磁性層のうちいずれか2つの層の交換相互作用よりも大きいことを特徴とする付記15記載の磁気記録媒体。

(付記17) 前記磁性層は5nm～30nmの範囲の厚さを有することを特徴とする付記1～16のうち、いずれか一項記載の磁気記録媒体。

(付記 18) 前記強磁性層、第 1 の強磁性層、及び第 2 の強磁性層のうち少なくとも何れか一つは  $1\text{ nm} \sim 10\text{ nm}$  の範囲の厚さを有することを特徴とする付記 1 ～ 17 のうち、いずれか一項記載の磁気記録媒体。

(付記 19) 前記非磁性結合層、第 1 の非磁性結合層、及び第 2 の非磁性結合層のうち少なくとも何れか一つは Ru、Rh、Ir、Ru 系合金、Rh 系合金、及び Ir 系合金からなる群のうちいずれかの材料よりなることを特徴とする付記 1 ～ 18 のうち、いずれか一項記載の磁気記録媒体。

(付記 20) 前記非磁性結合層、第 1 の非磁性結合層、及び第 2 の非磁性結合層のうち少なくともいずれか一つは  $0.4\text{ nm} \sim 1.5\text{ nm}$  の範囲の厚さを有することを特徴とする付記 1 ～ 19 のうち、いずれか一項記載の磁気記録媒体。

(付記 21) 前記強磁性層または第 2 の強磁性層の異方性磁界  $H_{k1}$  と磁性層の異方性磁界  $H_{k2}$  との関係が  $H_{k1} \geq H_{k2}$  であることを特徴とする付記 1 ～ 20 のうち、いずれか一項記載の磁気記録媒体。

(付記 22) 基板と、

前記基板の上方に設けられた強磁性層と、前記強磁性層上に設けられた非磁性結合層とからなる交換層構造と、

前記交換層構造上に設けられた磁性層とを備え、

前記強磁性層及び磁性層は交換結合すると共に、外部磁界が印加されない状態で前記強磁性層の磁化と磁性層との磁化が互いに反平行である磁気記録媒体であって、

前記磁性層及び強磁性層に対して磁化方向を切り換える記録磁界を印加すると、前記磁性層の磁化方向が強磁性層の磁化方向よりも先に切り換わることを特徴とする磁気記録媒体。

(付記 23) 前記強磁性層は前記記録磁界を印加後、1 ナノ秒～10 ミリ秒の間に前記磁性層の磁化方向と反平行方向に向くことを特徴とする付記 21 記載の磁気記録媒体。

(付記 24) 付記 1 ～ 23 のうちいずれか一項記載の磁気記録媒体と、

前記磁気記録媒体に対して情報を書き込み及び／又は読み出しを行う記録再生手段とを備えた磁気記憶装置。

(付記 25) 記録磁界を印加して情報を磁氣的に磁気記録媒体に記録する記録方法であって、

前記磁気記録媒体は、

基板と、

前記基板の上方に設けられた強磁性層と、前記強磁性層上に設けられた非磁性結合層とからなる交換層構造と、

前記交換層構造上に設けられた磁性層とを備え、

前記強磁性層及び磁性層は交換結合すると共に、外部磁界が印加されない状態で前記強磁性層の磁化と磁性層との磁化が互いに反平行であり、

前記記録磁界と、強磁性層と磁性層間に働く交換磁界と、動的保磁力との関係が下記式(2)によって表されることを特徴とする記録方法。

$$H_{c1}' - H_{E1} > H_{h1}, \text{ かつ } H_{c2}' - H_{E2} < H_{h2} \quad \dots (2)$$

(ここで、 $H_{c1}'$  は強磁性層の動的保磁力、 $H_{c2}'$  は磁性層の動的保磁力、 $H_{E1}$ 、 $H_{E2}$  は各々強磁性層、磁性層に印加される交換磁界、 $H_{h1}$ 、 $H_{h2}$  は各々強磁性層、磁性層に印加される記録磁界を表す。)

#### 【発明の効果】

以上詳述したところから明らかなように、本発明によれば、強磁性層と、強磁性層上に設けられた非磁性結合層とからなる交換層構造上に設けられた磁性層とが、強磁性層の動的保磁力  $H_{c1}' \geq$  磁性層の動的保磁力  $H_{c2}'$  の関係を有することにより、書き込まれたビットの優れた熱安定性及び低媒体ノイズ特性を有すると共に、書込み性能が良好な磁気記録媒体、磁気記憶装置、及び磁気記録媒体の記録方法を実現することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

本発明の磁気記録媒体の静磁気特性及び磁化状態を示す図である。

##### 【図 2】

本発明の磁気記録媒体の動的保磁力と磁界及び磁化スイッチング時間との関係を示す概略図である。

##### 【図 3】

本発明によらない磁気記録媒体の動的保磁力と磁界及び磁化スイッチング時間との関係を示す概略図である。

【図 4】

(A) 及び (B) は本発明の磁気記録媒体の記録の際の様子 (その 1) を時系列的に示す図である。

【図 5】

(A) ~ (C) は本発明の磁気記録媒体の記録の際の様子 (その 2) を時系列的に示す図である。

【図 6】

(A) 及び (B) は本発明によらない磁気記録媒体の記録の際の様子 (その 1) を時系列的に示す図である。

【図 7】

本発明によらない磁気記録媒体の記録の際の様子 (その 2) を時系列的に示す図である。

【図 8】

本発明の第 1 の実施の形態に係る磁気記録媒体の断面図である。

【図 9】

静的保磁力と強磁性層の  $P_t$  含有量との関係を示す図である。

【図 10】

オーバーライト特性と強磁性層の  $P_t$  含有量との関係を示す図である。

【図 11】

NLT S 特性と強磁性層の  $P_t$  含有量との関係を示す図である。

【図 12】

$S/N$  と強磁性層の  $P_t$  含有量との関係を示す図である。

【図 13】

動的保磁力の測定手順を示すフローチャートである。

【図 14】

動的保磁力及び  $S/N_t$  変化率の特性を示す図である。

【図 15】

第 1 の実施の形態の変形例に係る磁気記録媒体の要部断面図である。

【図 16】

本発明の第 2 の実施の形態に係る磁気記録媒体の断面図である。

【図 17】

第 2 の実施の形態の変形例に係る磁気記録媒体の要部断面図である。

【図 18】

磁気記憶装置の要部を示す断面図である。

【図 19】

図 18 に示す磁気記憶装置の要部を示す平面図である。

【符号の説明】

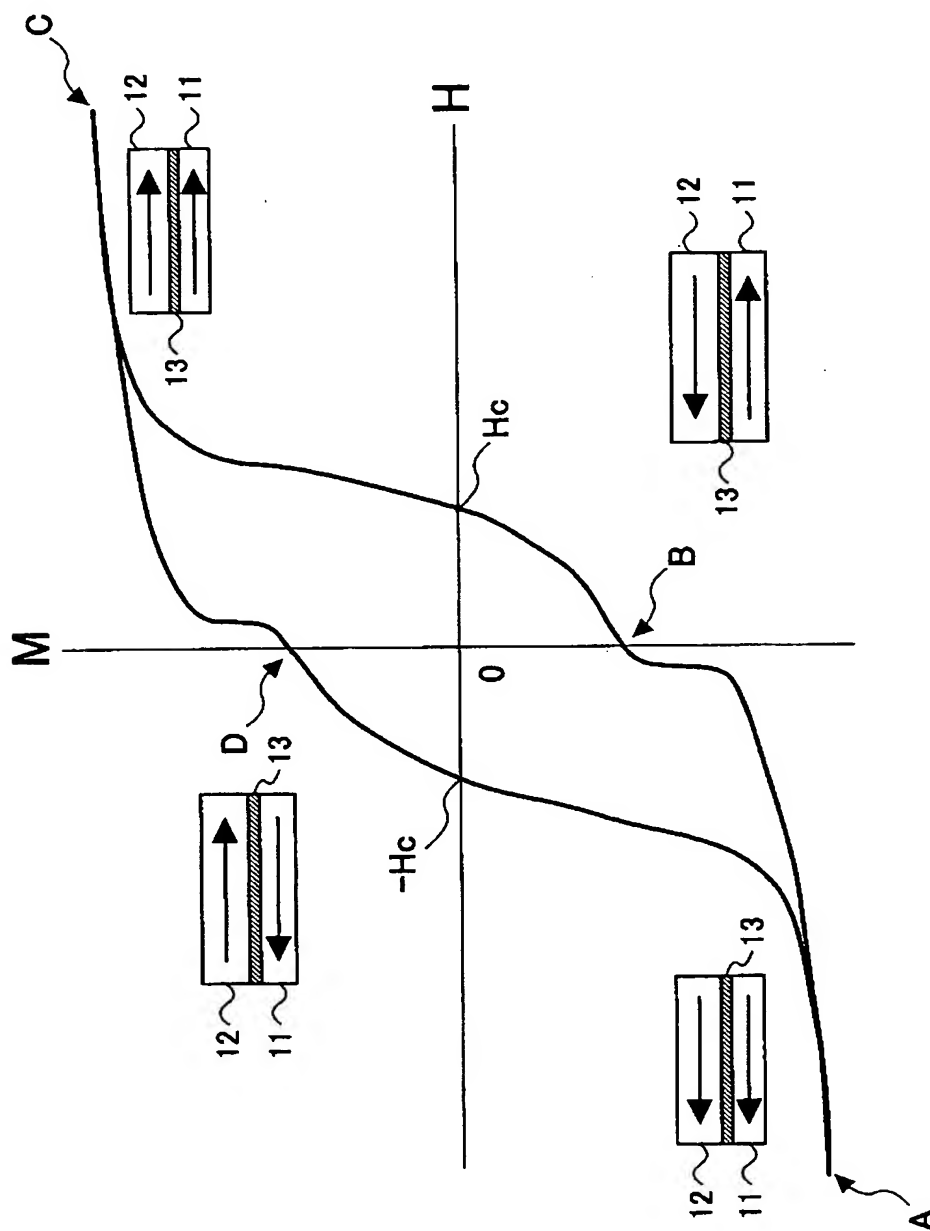
10、20、40、50、60、76	磁気記録媒体
11、26	強磁性層
12、29	磁性層
13、28	非磁性結合層
21	基板
22	第 1 シード層
23	第 2 シード層
24	下地層
25	非磁性中間層
29	磁性層
30	保護層
31	潤滑層
41	強磁性接合層
42	磁性接合層
51	第 1 強磁性層
52	第 1 非磁性結合層
53	第 2 強磁性層
54	第 2 非磁性結合層
61	第 1 強磁性接合層

- 6 2 下部第 2 強磁性接合層
- 6 3 上部第 2 強磁性接合層
- 7 0 磁気記憶装置
- 7 7 記録再生ヘッド

【書類名】 図面

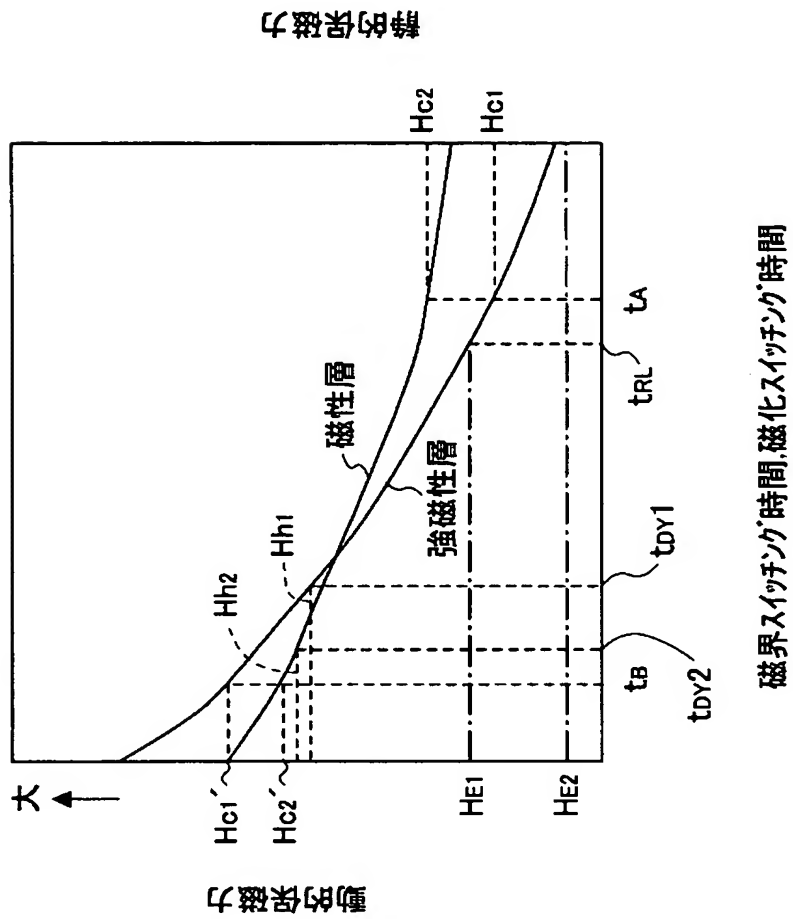
【図 1】

本発明の磁気記録媒体の静磁気特性及び磁化状態を示す図



【図 2】

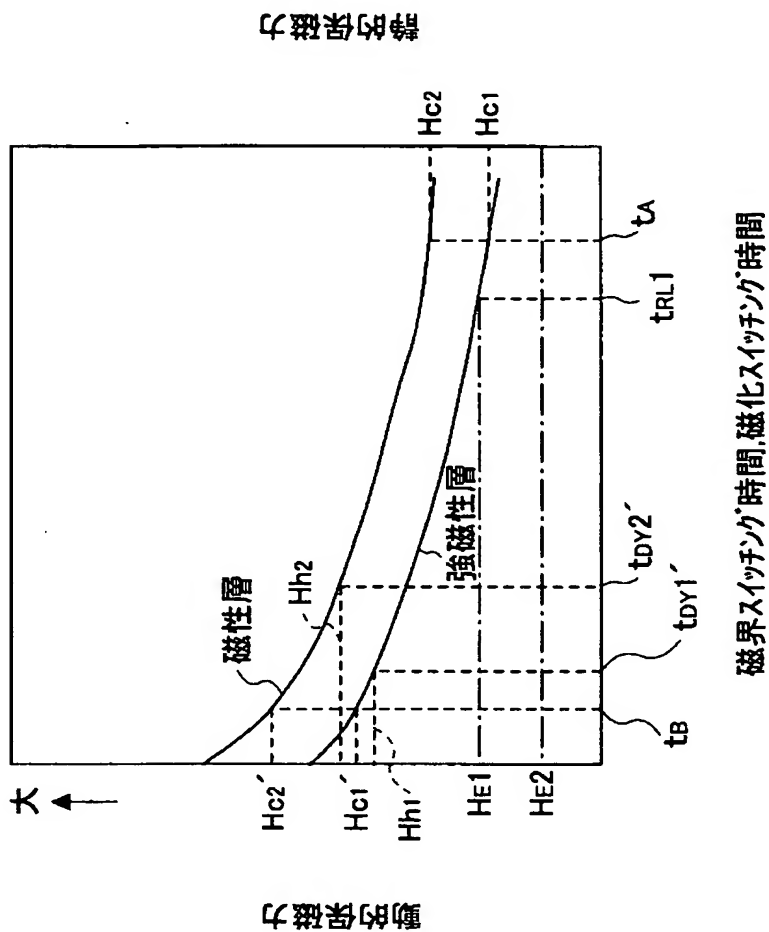
本発明の磁気記録媒の動的保磁力と磁界及び  
磁化スイッチング時間との関係を示す概略図





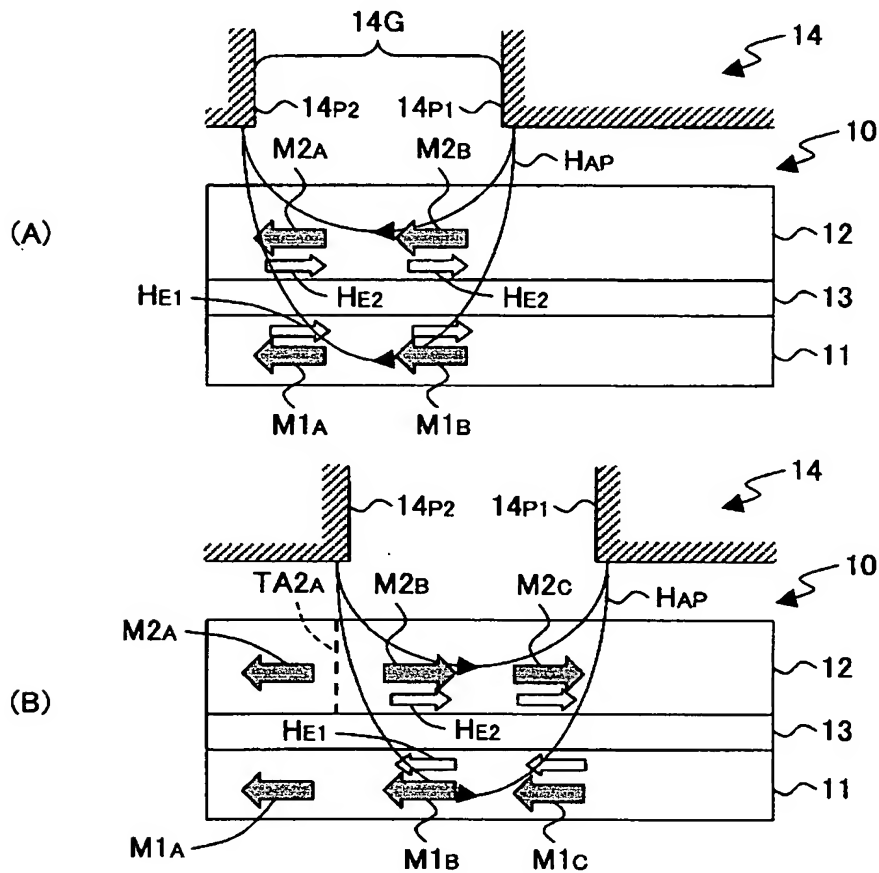
【図 3】

本発明によらない磁気記録媒体の動的保磁力と磁界  
及び磁化スイッチング時間との関係を示す概略図



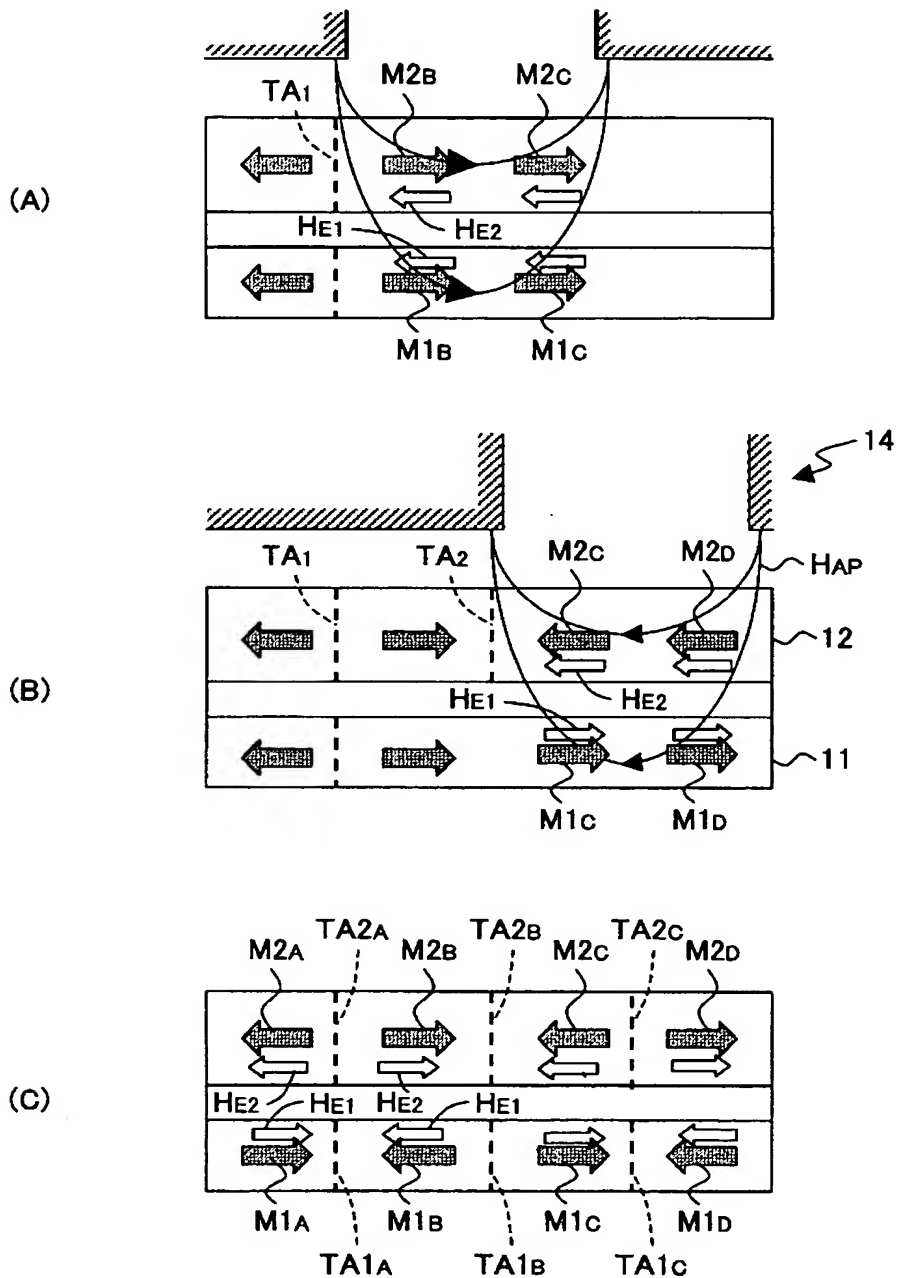
【図 4】

(A) 及び (B) は本発明の磁気記録媒体の記録の際の様子(その1)を時系列的に示す図



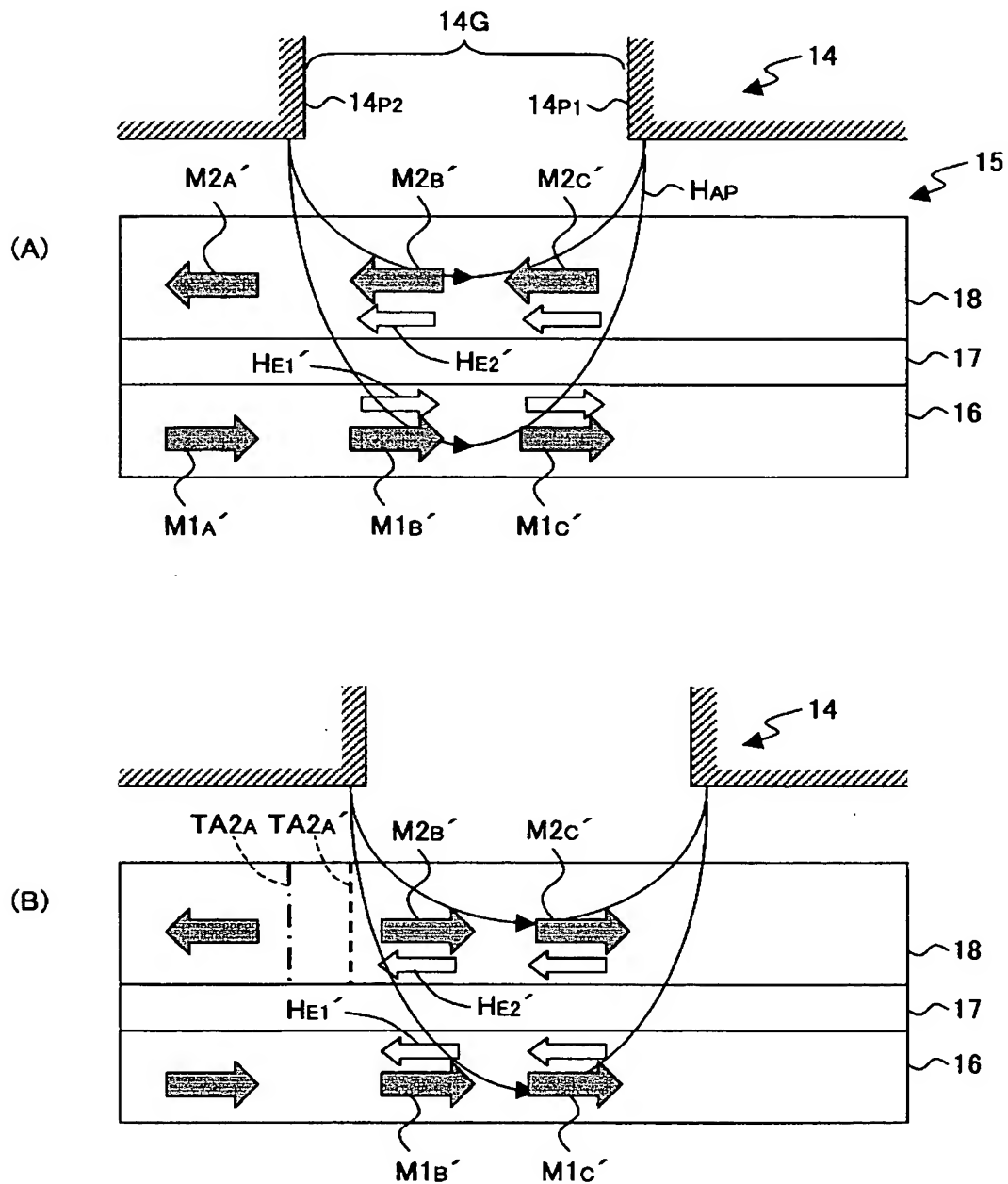
【図 5】

(A)～(C)は本発明の磁気記録媒体の  
記録の際の様子(その2)を時系列的に示す図



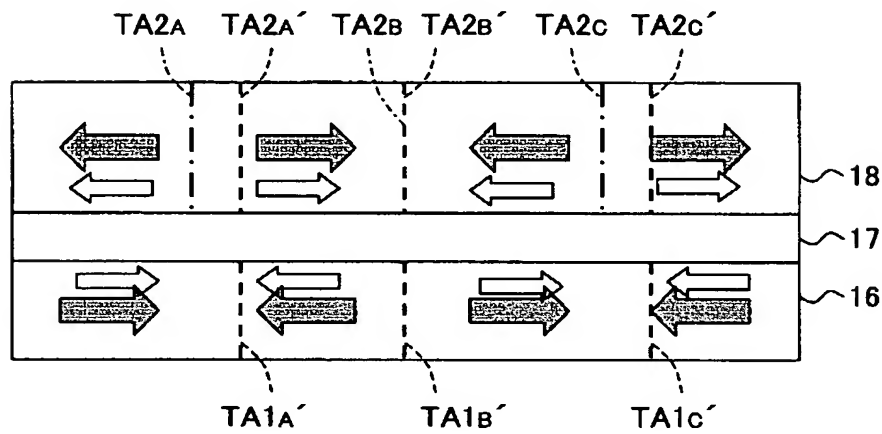
【図 6】

(A) 及び (B) は本発明によらない磁気記録媒体の記録の際の様子(その1)を時系列的に示す図



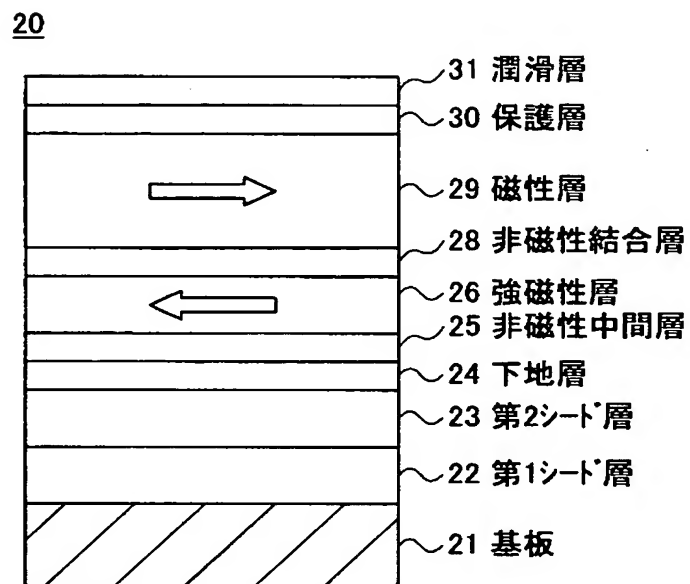
【図 7】

本発明によらない磁気記録媒体の記録の際の様子(その2)を時系列的に示す図

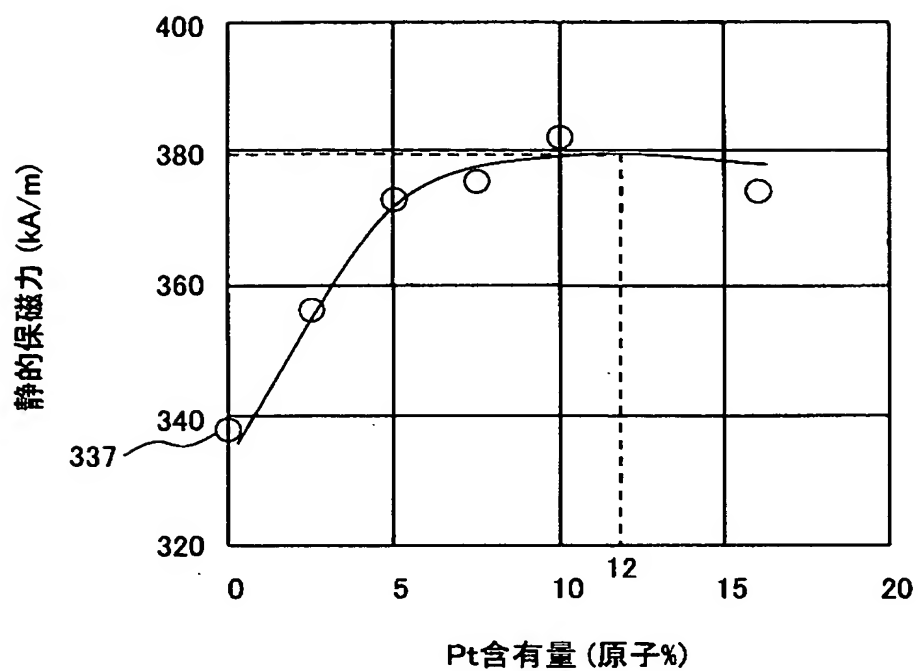


【図 8】

本発明の第 1 の実施の形態に係る磁気記録媒体の断面図

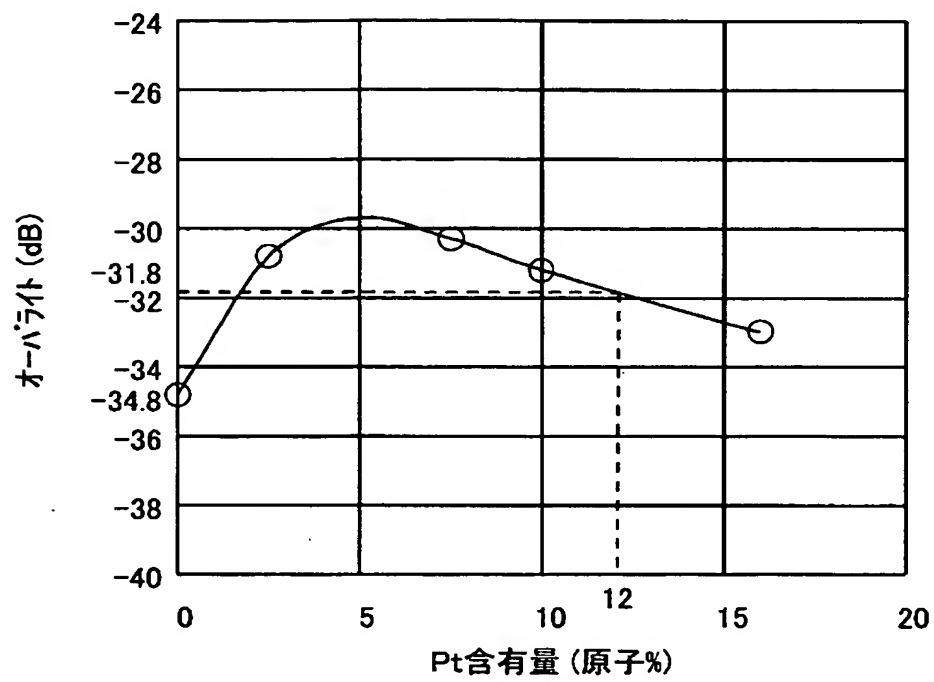


【図 9】

静的保磁力と強磁性層の  
Pt含有量との関係を示す図

【図 10】

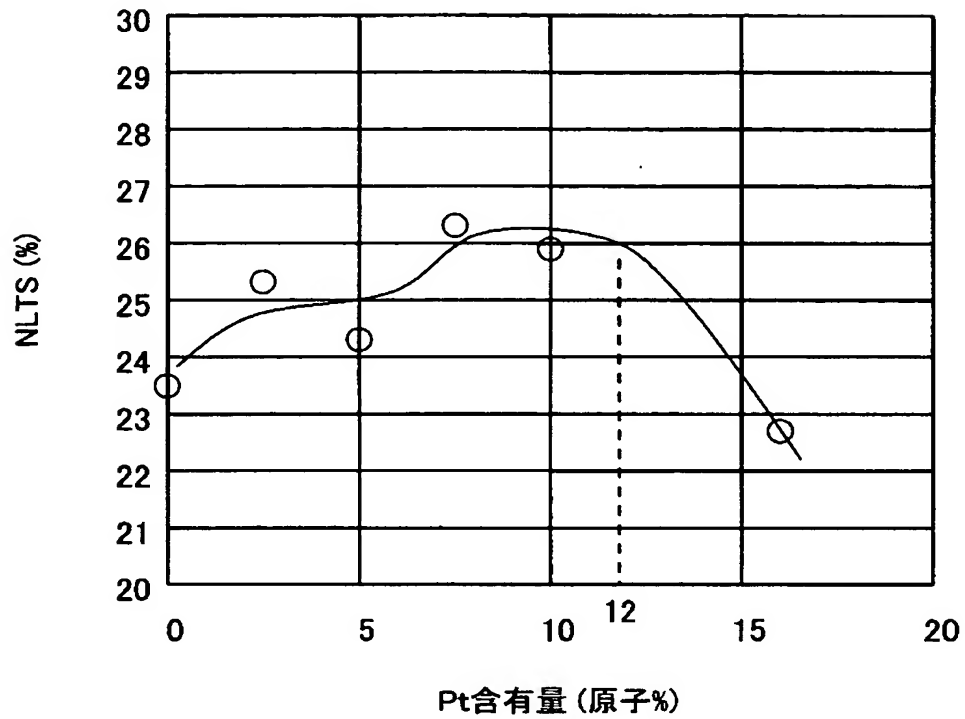
オーバーライト特性と強磁性層のPt含有量との関係を示す図





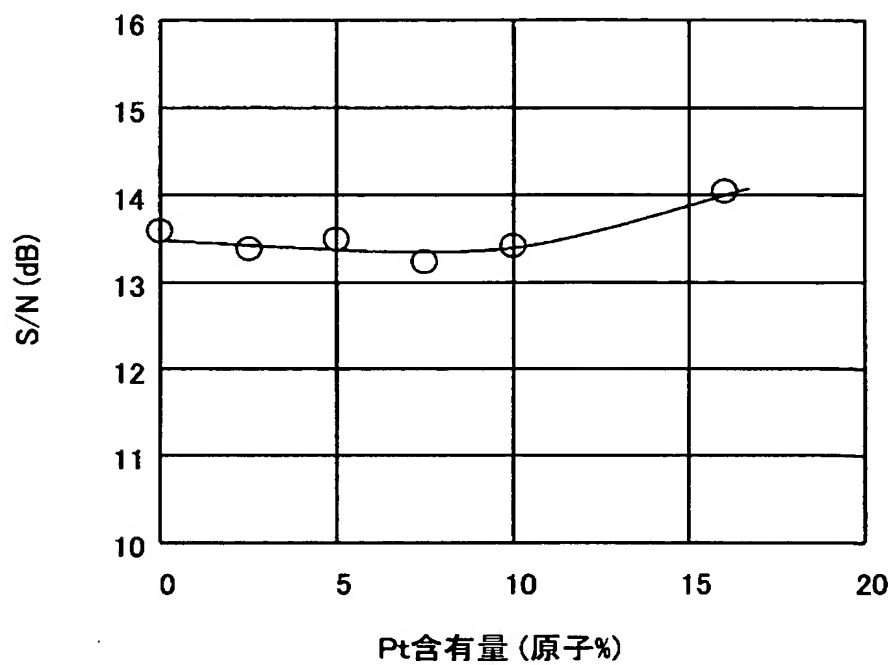
【図 11】

NLTS特性と強磁性層のPt含有量との関係を示す図



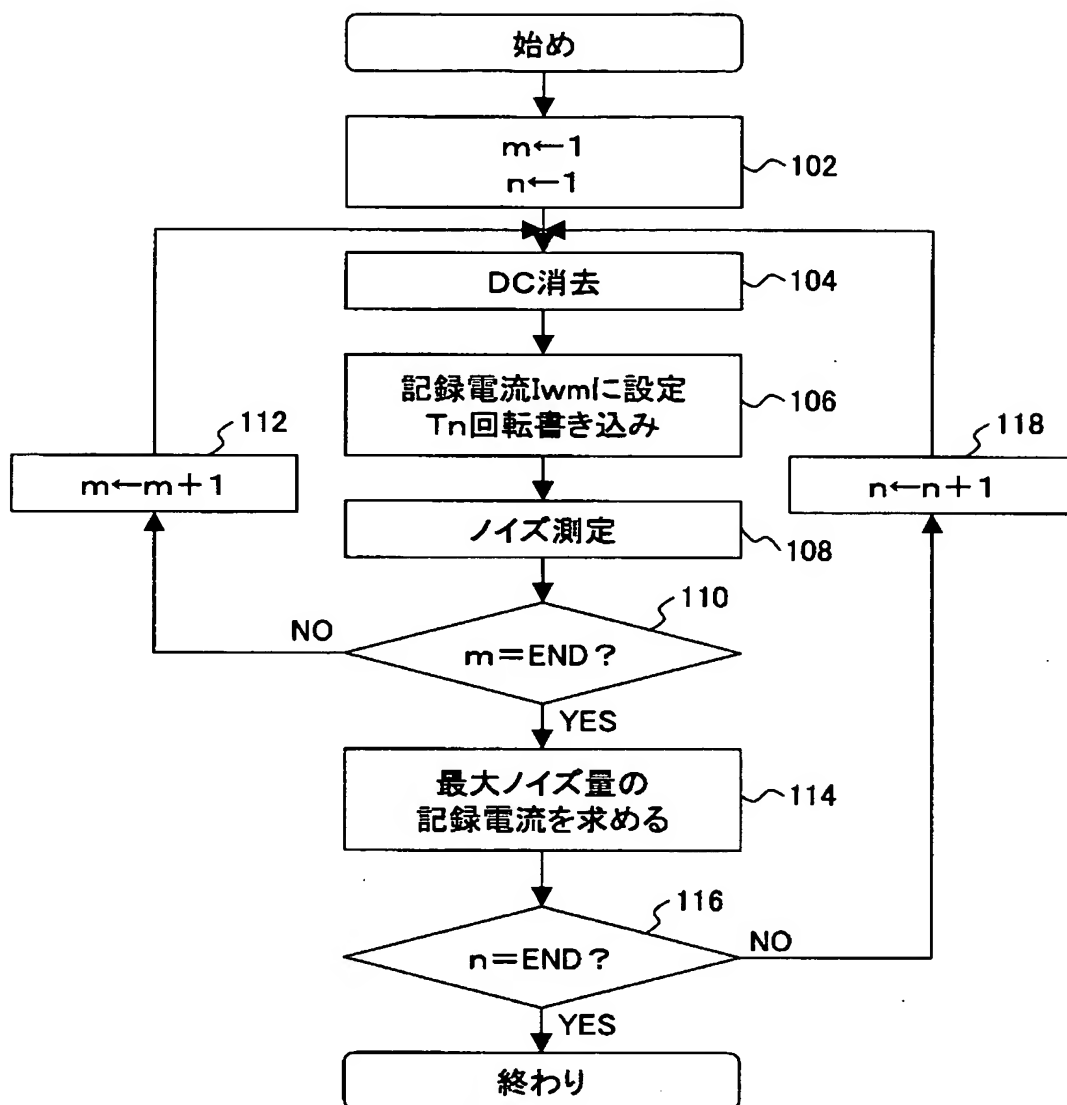
【図 12】

S/Nと強磁性層のPt含有量との関係を示す図



【図 13】

動的保磁力の測定手順を示すフローチャート



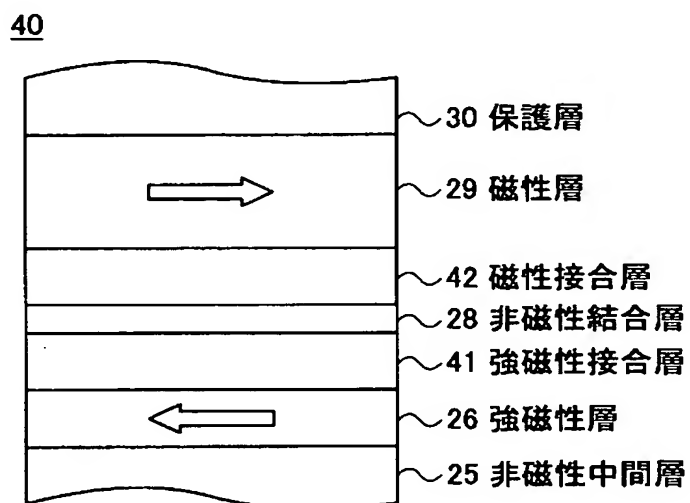
【図 14】

動的保磁力及びS/Nt変化率の特性を示す図

	強磁性層 Pt含有量 (原子%)	磁性層 Pt含有量 (原子%)	磁性層 動的保磁力 (kA/m)	S/Nt低下率 (dB/decade)
実施例1	16	12	627.6	-0.020
比較例1	0	12	573.6	-0.107
比較例2	7.5	12	651.2	-0.084

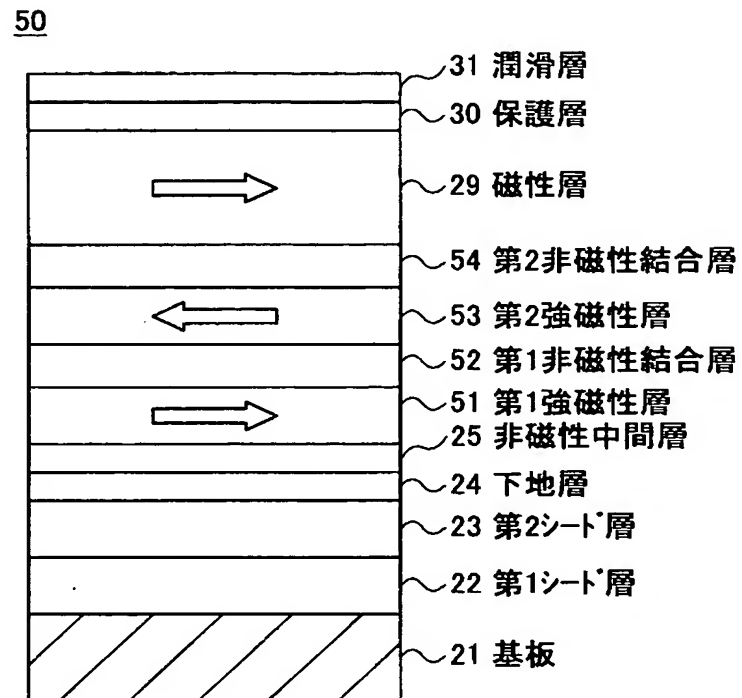
【図 15】

第1の実施の変形例に係る磁気記録媒体の要部断面図



【図 16】

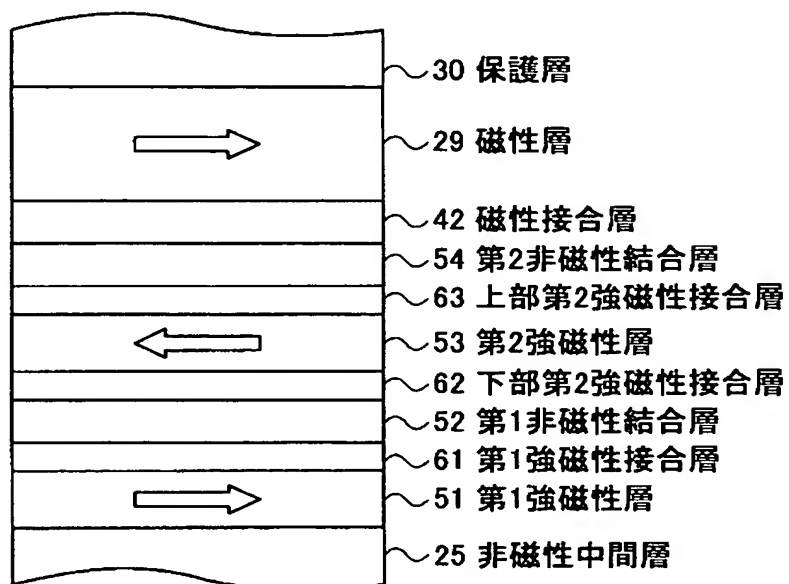
本発明の第2の実施の形態に係る磁気記録媒体の断面図



【図 17】

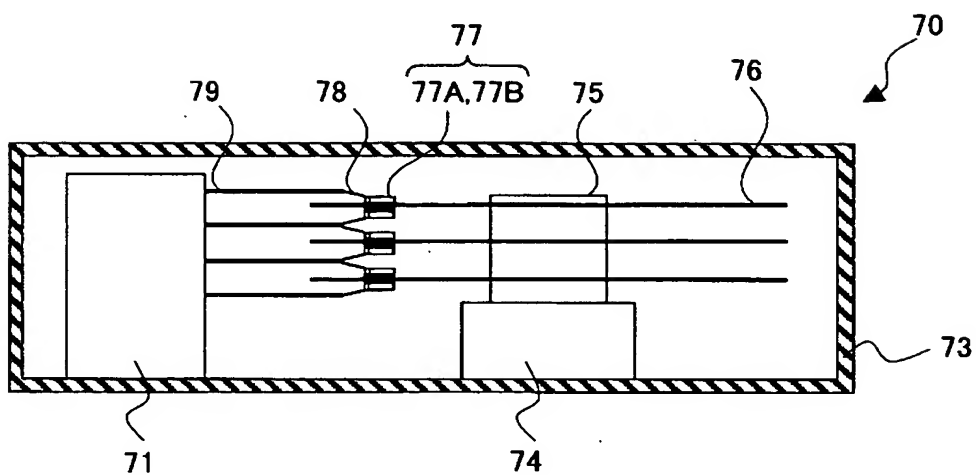
## 第2の実施の形態の変形例に係る磁気記録媒体の要部断面図

60



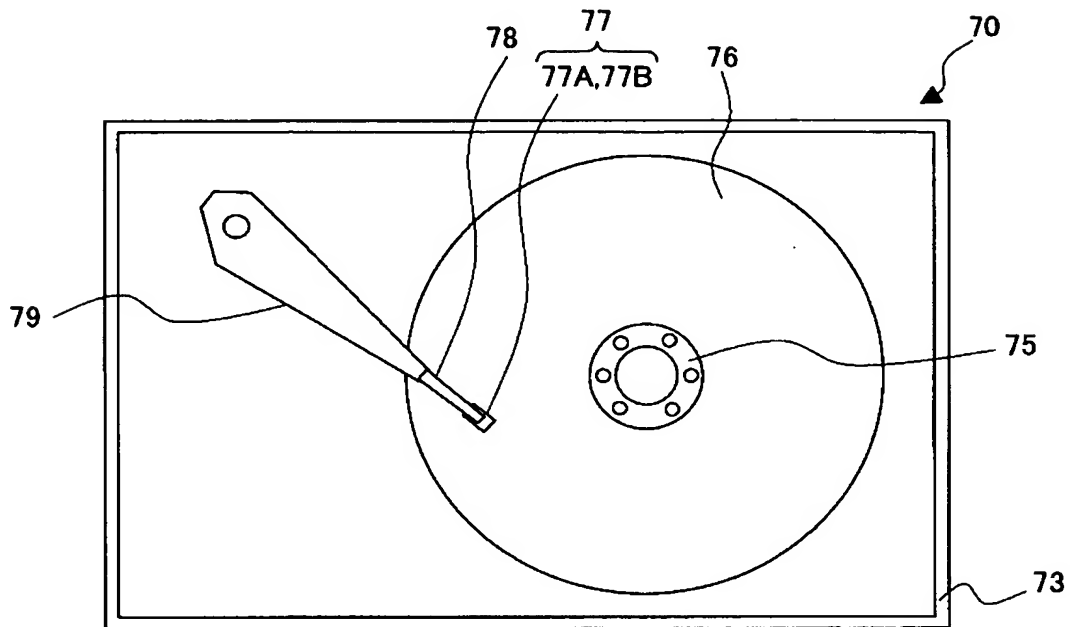
【図 18】

磁気記憶装置の要部を示す断面図



【図 19】

図18に示す磁気記憶装置の要部を示す平面図





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 書き込まれたビットの優れた熱安定性及び低媒体ノイズ特性を有すると共に、書込み性能が良好な磁気記録媒体を提供する。

【解決手段】 基板 21

と、前記基板 21 上に、第 1 シード層 22、第 2 シード層 23、下地層 24、非磁性中間層 25、強磁性層 26、非磁性結合層 28、磁性層 29、保護層 30、及び潤滑層 31 とが順次形成された構成とし、強磁性層 26 と磁性層 29 とが非磁性結合層 28 を介して反強磁性的に交換結合された交換結合構造を有し、強磁性層 26 及び磁性層 29 は、強磁性層 26 の動的保磁力  $H_{c1'}$   $\geq$  磁性層 29 の動的保磁力  $H_{c2'}$  の関係を有する。

【選択図】 図 8



特願 2003-196583

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000005223]

1. 変更年月日

1996年 3月26日

[変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

氏 名

富士通株式会社